●ガス警報器についてのお問いあわせは下記まで

会社名50音順　2011年（平成23年）8月現在

会社名	所在地	部署名	電話番号 FAX番号
愛知時計電機㈱	〒456-8691 愛知県名古屋市熱田区千年1-2-70		TEL 052-661-5151 FAX 052-661-9315
アイホン㈱	〒456-8666 愛知県名古屋市熱田区神野町2-18		TEL 052-681-8721 FAX 052-681-5476
岩谷産業㈱	〒105-8458 東京都港区西新橋3-21-8	供給保安システム部	TEL 03-5405-5746 FAX 03-5405-5632
エフアイエス㈱	〒664-0891 兵庫県伊丹市北園3丁目36番3号		TEL 072-780-1800 FAX 072-785-0073
㈱桂精機製作所	〒221-0052 神奈川県横浜市神奈川区栄町1-1（アーバンスクエア横浜8階）		TEL 045-461-2334 FAX 045-461-2354
㈱金門製作所	〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-14-3（大塚淺見ビル）	LPガス事業部	TEL 03-5980-3733 FAX 03-5980-3753
新コスモス電機㈱	〒532-0036 大阪府大阪市淀川区三津屋中2-5-4		TEL 06-6308-2310 FAX 06-6308-8129
㈱LIXILニッタン電子	〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷1-11-7		TEL 03-3468-1111 FAX 03-3468-4553
根本特殊化学㈱	〒168-0072 東京都杉並区高井戸東4-10-9	センサ営業グループ	TEL 03-3333-7341 FAX 03-3333-7344
能美防災㈱	〒102-8277 東京都千代田区九段南4-7-3		TEL 03-3265-0230 FAX 03-3264-4465
パナソニック電工㈱	〒571-8686 大阪府門真市門真1048	システム機器事業部	TEL 06-6909-0873 FAX 06-6904-4225
フィガロ技研㈱	〒562-8505 大阪府箕面市船場西1-5-11		TEL 0727-28-2560 FAX 0727-28-0467
富士電機㈱	〒141-0032 東京都品川区大崎1丁目11番2号（ゲートシティ大崎イーストタワー）		TEL 03-5435-7001 FAX 03-5435-7401
ホーチキ㈱	〒141-8660 東京都品川区上大崎2-10-43	住宅設備部	TEL 03-3444-4111 FAX 03-3444-4118
㈱宮川製作所	〒222-0001 神奈川県横浜市港北区樽町2-1-6		TEL 045-542-1151 FAX 045-542-1129
矢崎総業㈱	〒431-3312 静岡県浜松市天竜区二俣町南鹿島23	ガス企画部	TEL 0539-25-4511 FAX 0539-25-4512
理研計器㈱	〒174-8744 東京都板橋区小豆沢2-7-6	営業本部	TEL 03-3966-1111 FAX 03-3558-0043
リコーエレメックス㈱	〒141-8637 東京都品川区西五反田2-12-19五反田NNビル12階	機器販売事業部	TEL 03-3495-1563 FAX 03-3495-0640

ガス警報器技術史

ぼくたちは眠りません。

ガス警報器工業会
〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-16-4 アーバン虎ノ門ビル4階
TEL. 03-5157-4777　FAX. 03-3597-2717

http://www.gkk.gr.jp

ガス警報器工業会
技術委員会

2011.11.300

発刊にあたり

ガス警報器工業会35周年にあたり、これまでの家庭用ガス警報器に係る技術の集大成を冊子として纏めることができ、大変喜ばしく思います。改めてこれまでガス警報器の開発に携われた数多くの皆様に敬意を表するとともに、感謝を申し上げる次第です。

この技術史では、技術の変遷が分かりやすく記述されていますが、一つ一つの技術の裏には、数多くの試行錯誤やドラマが隠されていることと思います。私自身も一技術者として都市ガス用警報器の開発に携わり、またガス警報器工業会では初代技術委員長も務めさせていただきましたが、世の中にない商品を生みだしていく、普及させていく過程では数多くの苦しみと喜びを体験させていただきました。

特に都市ガス用警報器は、先行したLPガス用警報器に続いて開発をスタートしましたが、当時製造ガスがほとんどであった都市ガスはガス組成が複雑で、天井近くに設置され調理ガスの直撃を受ける高温高湿条件で、確実で有効な警報器の条件は何かの検討、また、期限延長検討のため、「ガス警報器技術基準等専門委員会」(1984～85年)のメンバーとしてガス事業者の方々とともに検討を重ねましたが、約5,000台の市場データを含む各種データの調査・評価・分析などを通じ、市場の要求仕様とセンサの実力仕様等で大変だったと記憶しています。

そうした産みの苦しみを乗り越えることができたのは、技術者として世の中に役立つ新しい商品を生み出す喜びと、「ご家庭からガス事故を無くしたい」という使命感だったのではないかと思います。

ガス警報器を含む多重安全の考え方によって、幸いにもガス事故は大きく減少しました。しかし、漏洩火災事故や不完全燃焼による一酸化炭素中毒事故は相変わらず発生しており、特に近年では業務用厨房におけるCO事故が数多く発生しています。また、警報器の普及率は都市ガス用で40%、LPガス用で60%(期限切れ警報器を除く)と、ほぼ半分のご家庭に警報器が設置されています。100%普及することにより、多くのガス事故を未然に防ぐことができると信じています。思いがけない事故を含めガス事故をなくすための、まさに「最後の砦」であると思います。安全・安心な社会の実現を目指し、今、原子力安全・保安院ガス安全小委員会が開かれています。2020年へ向けての高度化目標「2020年に死亡事故ゼロに向けて」が制定されています。その目標実現のための一翼を担いたいと思います。

お客様のニーズを踏まえ、普及性のある警報器のさらなる開発が当工業会の技術陣に求められているのではないでしょうか。

大いに期待します。

2011年(平成23年)9月

ガス警報器工業会 会長　**重盛 徹志**

C O N T E N T S

1. はじめに ……2
2. ガス警報器の生まれた背景 ……3
3. 製品の変遷 ……4
3.1 検知対象ガスについて ……6
3.1.1 LPガス検知 ……6
3.1.2 都市ガス検知 ……7
3.1.3 COガス検知 ……8
3.2 複合機能への流れ ……9
3.2.1 単機能からCO検知複合化へ ……9
3.2.2 ガス警報器と住宅用火災警報器の一体化 ……10
3.3 警報器高度化への取り組み ……11
3.3.1 誤報問題とその対策、解決について ……11
3.3.2 分かり易い警報音の模索(ブザー音・音声・メロディ) ……12
3.3.3 外部機器との連動(外部出力仕様の種類と変遷) …13
3.3.4 自己診断機能、テスト機能の高度化 ……15
3.3.5 その他(トレーサビリティ、発報履歴記憶など) ……16
3.4 時代のニーズに合わせた警報器の技術進化 ……18
3.4.1 警報器の省電力化 ……18
3.4.2 ユニバーサル仕様への取り組み ……18
3.4.3 電池駆動型警報器の開発 ……19
3.4.4 業務用厨房の安全対策(業務用換気警報器の開発) ……20
3.5 ガスセンサ技術の変遷 ……21
3.5.1 検知原理の変遷 ……21
3.5.2 広がる対象ガスへの対応 ……24
3.5.3 センサの小型省電力化 ……26
3.5.4 信頼性向上への取り組み ……28
4. 関係法令の変遷 ……31
5. 検定規程の変遷 ……32
6. 技術委員会の活動 ……33
7. 技術用語の解説 ……34
MEMO ……36

1 はじめに

おかげさまでガス警報器工業会は、2010年（平成22年）12月16日設立35周年を迎えることができました。ガス警報器および関連機器メーカーと販売事業者の主要メンバー13社で発足した当工業会も、今では18社となり、事故撲滅を目標として、より一層の警報器普及拡大を目指し、消費者の保安確保のために活動を行っております。

家庭用ガス警報器はLPガス用警報器からスタートし、都市ガス用や不完全燃焼排ガス用へと、普及拡大していき、近年では住宅用火災・ガス・ＣＯ警報器や業務用換気警報器の普及に力を入れて事故防止に努めております。また、ガス警報器の技術開発や品質向上に努め、普及促進のための高性能化や長寿命化を実現してきました。

このようにさまざまなニーズに応じて、警報器が発展してきたのも、たゆまぬ技術開発によるものです。

35周年を節目に、ガス警報器の技術開発に着目し、どのような努力をして技術を進化・発展させてきたのか、そのあゆみを記録したものとして残すことといたしました。この資料が少しでも技術者のお役に立つことができれば幸いです。

今後もさらなるガス警報器の高度化を進められていくなかで、火災早期発見やCO中毒防止対策になるよう、高性能・高品質を追求してまいりますので、みなさまのご指導、ご鞭撻を賜りますようお願いするとともに、本技術史の編集にご尽力賜りました皆様に心からお礼を申し上げます。

●技術史 WG 委員名簿

	氏　　名	所　　属
座長（技術委員長）	西上　佳典	新コスモス電機株式会社
委　　員	城取　祐美	株式会社金門製作所
委　　員	宇高　利浩	フィガロ技研株式会社
委　　員	長瀬　徳美	富士電機株式会社
委　　員	高島　裕正	矢崎資源株式会社
オブザーバー	松原　義幸	新コスモス電機株式会社
事　務　局	黒川・宮井	ガス警報器工業会

2 ガス警報器の生まれた背景

家庭用ガス警報器誕生のきっかけや背景については、当工業会が2000年（平成12年）1月に発行した「日本発、世界へ」＜ガス警報器誕生と普及の原点を探る＞の冊子に詳細が掲載されているが、きっかけは昭和30年代後半に大阪のボリューム（可変抵抗器）メーカーが、新たな抵抗素材を用いたボリュームの開発段階で見つけたガスに感じる抵抗体が原点となる。

当時家庭用の新たなエネルギーとして、LPガスの普及が拡大していたが、その普及拡大に併せて、LPガスによる事故が社会問題となっていた。ガス漏れを人の五感に頼らず発見することが出来れば、LPガスによる事故の多くが未然に防ぐことが出来るものの、当時あったガスを検知できる製品は炭鉱で発生するメタンガスを検知するセンサを搭載したものであり、その価格や大きさからして家庭用に応用できるものでは無かった。

そのような背景の中、前述のボリュームメーカーから接触燃焼式センサを用いた世界初の家庭用ガス警報器が、1964年（昭和39年）12月に世に送り出されることになった。感度、精度ともよく、その評価は高かったが、価格という問題で大きく普及することはなかった。それは大卒公務員の初任給が2万円弱の時代に9千8百円と高価なものであったからだ。

価格が高価であった理由は、当時炭鉱などのいわゆる工業用でしか製造していなかった接触燃焼式センサは、量産技術が確立しておらずガスセンサそのものが高価であったことと、接触燃焼式センサの非常に微小な電気信号を増幅する電子回路に使用する半導体（トランジスタ）が、当時はまだ非常に高価であったことが原因であった。

ガス警報器が大きく普及する原点となったのが、半導体式センサの開発によるものであった。昭和40年代初頭に、大阪の町の発明家が開発し、先のボリュームメーカーに持ち込んだ半導体式ガスセンサは、その出力が大きく、家庭の商用電源であるAC100Vで駆動することができ、増幅回路が必要なく単純な部品構成でガス警報器が実現できた。そのセンサを用いて1969年（昭和44年）2月に誕生したLPガス用警報器「みはり」は、価格を4千円以下にすることができ、本格的なガス警報器の普及が始まった。

その後、半導体式センサはLPガス以外に火災のけむりにも反応することから、各メーカーが競って感度を上げた結果、ガス漏れ以外の調理中のアルコールや、煙草のけむりにも反応し、苦情が多発することになった。そこで、高圧ガス保安協会が、LPガス用警報器の性能基準を定めることとなり、1972年（昭和47年）7月にブラックラベル、1975年（昭和50年）4月にはグリーンラベルと呼ばれる検定合格シールを貼付した信頼性の高いLPガス用警報器が普及することになった。又普及当初は半導体式センサを用いたLPガス用警報器が主流であったが、1975年（昭和50年）には新たに接触燃焼式センサを用いたLPガス用警報器も検定に合格した。

一方都市ガス供給世帯でもガス事故は発生していたので一般社団法人日本ガス協会では1976年（昭和51年）2月に、LPガス用警報器の普及拡大を参考に都市ガス用警報器の調査研究を開始した。

技術的には当時の都市ガスは、全国的には製造ガスが主流で、一部の大手都市ガス事業者は天然ガスに転換中であり、都市ガス用警報器として検知するガスは、メタンやイソブタン、水素の検知が必要となり、プロパンとブタンだけを検知するLPガス用警報器と比較して技術的なハードルは高かった。

又、LPガス用警報器はガスの比重が空気より重いため、その設置位置は床面近くの低い位置になるが、都市ガスはその多くが空気より軽いガスのため、その設置位置は天井付近になる。台所の天井付近は床付近と比較して、温度や湿度の変動の大きい厳しい環境であると同時に、調理によるアルコール等の誤報対策もLPガス用警報器以上のものが要求された。

このような背景で、一般社団法人日本ガス協会が1976年（昭和51年）6月に性能基準案を策定し本格的な開発が開始された。その性能基準案を基に、1980年（昭和55年）1月に一般財団法人日本ガス機器検査協会が都市ガス用警報器の自主検定制度をスタートさせ、LPガスに遅れること約8年の1980年（昭和55年）6月に都市ガス用警報器の販売が開始された。

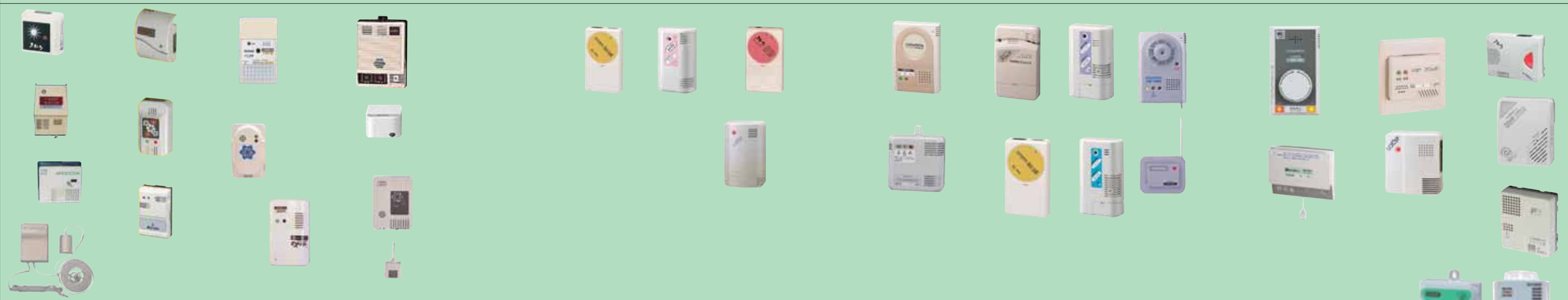
3 製品の変遷

高圧ガス保安協会（以下「KHK」という）一般財団法人日本ガス機器検査協会（以下「JIA」という）

1969	1972	1975	1976	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1991	1992	1994	1997	1999	2003	2006	2008	2010
半導体センサ発明により家庭用LPガス用警報器の普及拡大が始まる。	KHK　LPガス用警報器自主検定開始 ブラックラベル	KHK　LPガス用警報器自主検定規程改定グリーンラベル	都市ガス用警報器の規格研究開始 ガス種の特性から即時警報型、遅延警報型の規格ができる。	JIA都市ガス用警報器の自主検査開始 2段階有電圧外部出力の規格策定、外部警報器(戸外ブザー)と連動	ガス警報受信機、中継器、分離型警報部の検定規程を追加	都市ガス用警報器の誤報防止や長期性能維持に関する調査研究開始	JIA　CO警報器の検査規程(暫定)策定 都市ガス用音声警報器開発、発売開始	LPガス用警報器　有効期限3→4年に延長(市場品を回収して分析調査)	家庭用都市ガス用警報器　有効期限3→5年に延長 都市ガス用警報器の誤報防止や長期性能維持に関する検査項目の改訂	JIA　CO警報器の検査開始 LPガス用音声警報器の発売開始	マイコンⅡ連動型警報器の規格策定	LPガス用警報器　殺虫剤スプレー等の影響されにくい警報器の研究開始 都市ガス用　COとガス警報器の複合型が商品化される	業務用都市ガス用警報器　有効期限3→5年に延長	JIA　メタン12A　13A用警報器の検査基準策定 LPガス用警報器　有効期限4→5年に延長(市場品を回収して分析調査)	KHK　誤報防止型検定規程策定 S型マイコンメーター用警報器の規格策定 ガス遮断など音声表示 KHK　CO警報器検定規程(CO：H_2＝2：1)策定 一般社団法人インターホン工業会と3段階有電圧出力を規格化 都市ガス用　CO・ガス警報器が商品化される	都市ガス用　業務用・家庭用兼用のガス・CO警報器が商品化 東京消防庁の主導でガス事業者と協力して住宅用火災・ガス警報器の研究調査開始	都市ガス用住宅用火災・ガス・CO警報器の規格策定	ユニバーサル仕様規格策定	業務用換気警報器規格策定、発売開始 故障など自己診断機能が付加されるLPガス用ガス・CO警報器が商品化	都市ガス用　点検ガスからスイッチによる点検方法の規格策定 無線連動機器の登場	電池駆動式警報器の研究フィールドテスト開始

LPガス用

ブザー式　外部出力型　分離型　音声式　マイコンメータ連動型　誤報防止型　バルク用警報器　CO警報器　S型マイコン連動型　住宅用火災(熱)ガス・CO警報器　住宅用火災(煙)・CO警報器/電池式　ビルトイン型・期限切れ表示付



業務用換気警報器

都市ガス用

ブザー式　外部出力型　音声式　業務用　12A・13A用　CO警報器　ガス・CO警報器　住宅用火災・ガス・CO警報器

3 3.1 検知対象ガスについて

～単機能から複合機能へ～

3.1.1 LPガス検知

LPガスの主成分は、プロパンとブタンでできており、容易に液化するガスである。LPガスは、空気より比重が大きいため、ガス警報器の設置基準は、燃焼器具から4m以内、床上から30cm以内となっている。

LPガスの燃焼範囲は、プロパンが2.2% ～ 9.5%、ブタンが1.8% ～ 8.4%となっている。燃焼範囲の下限値を爆発下限界濃度（LEL：Lower Explosive Limit）といい、LPガスの成分のうち爆発下限界濃度が低いイソブタンの濃度を基準とし、1.8%としている。よって技術上の基準で定められているガス警報器の警報濃度は、1/100LEL ～ 1/4LELであり、ブタン濃度で0.018% ～ 0.45%となる。

警報器の検査で使用するガスにイソブタンを使用しているのは、その当時標準ガスとして入手が容易であったためである。

警報濃度について試算してみると、一般的な台所の広さ3畳相当で、漏洩量0.115㎥ /h（家庭用の1口コンロのガス栓を全開した場合）のガス漏れが生じ、床上30cm（1.458㎥）にガスが滞留した状態を想定すると、ガス漏れ発生から約15分後に、爆発下限界に達する。この場合ガス警報器は最大でも1/4LELで警報を発するので、漏洩開始から5分以内にはガス漏れを発見することができる。

ガス警報器の設置普及をしていくためには、その性能および品質の向上に努めなければならない。そのためにできた試験や検査項目に以下のものがあげられる。

半導体センサの性質上、電源を入れたときにはセンサの抵抗値が下がっており、ガスを感知した時と同じ状態であるために、鳴動状態となってしまう。そのため回路で工夫し電源投入時には鳴動しないようにされた。（初期警報停止時間）

またセンサが経年的に高感度になり、誤報が頻繁におこることから、電源を切られていることもあった。半導体センサの耐久性能を検査するため、腐食性ガス（SO_2）の影響試験がある。腐食性ガスの試験濃度については、実際の環境測定を行いSO_2：0.4ppmとしている。

さらに高圧ガス保安協会液化石油ガス研究所において、1988年（昭和63年）から殺虫剤スプレー等による雑ガスの影響を受けにくい警報器の開発を開始し、鳴動の実態調査、殺虫剤スプレーの拡散実験、試作品のフィールドテスト等を実施し、誤報対策の警報器および試験方法をまとめ検定規定に基準化され、1994年（平成6年）に誤報防止機能試験が追加されている。

ガス警報器の有効期限はガスセンサの寿命から当初3年でスタートした。1980年代に入り、普及促進のため有効期限の延長が検討された。1982年（昭和57年）12月に高圧ガス保安協会が「液化石油ガス用ガス警報器性能調査委員会」を設置し、市場で実際に使用された警報器を回収し性能調査を実施した。その結果、有効期限の延長は可能であるとの結論が出され、1984年（昭和59年）1月以降4年に延長された。その後1992年（平成4年）には4年から5年になっている。

LPガス用警報器は、普及は進んでいるが有効期限切れの警報器が多くなっている。このため期限管理として交換期限を西暦年で表示したシールを、メーカーが出荷時に貼付して販売している。

このような様々な取り組みにより、警報器の信頼性および品質の向上につとめ、ガス事故数の軽減に貢献している。

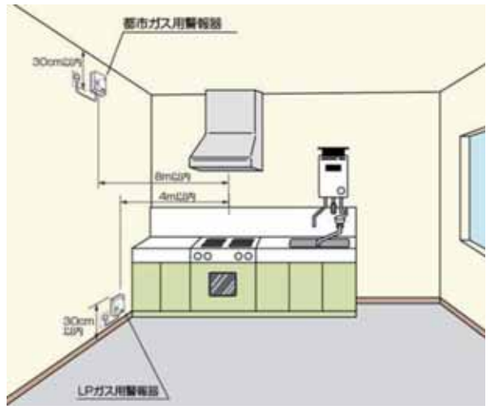
3.1.2 都市ガス検知

1975年（昭和50年）頃、LPガス用警報器の信頼性も高まり、設置率も30%台となっていった。一方住宅の高気密化によりガス爆発の危険性も注目され、都市ガス用警報器の開発が始まった。当時の都市ガスは、製造ガスが主流で、メタンや水素、ブタンなど多種類のガスを含む混合ガスとなっていたため、ガス警報器も以下のように4種類があった。

① 全ガス用
② 空気より軽いガス用
③ 12A・13Aガス用
④ 空気より重いガス用

メタンの燃焼範囲は5% ～ 14%、水素は4% ～ 75%で、技術上の基準は1/200LEL ～ 1/4LELであるので、検査としては、空気より軽いガス用で水素0.04% ～ 1.0%、メタン0.05% ～ 1.25%、12A・13Aガス用でメタン0.1% ～ 1.25%となる。

都市ガス用警報器の設置基準は、主に空気より比重が小さいことから天井から30cm以内、燃焼器具から8m以内となっている。



LPガス用と異なり、都市ガス用は台所の高い位置に取り付けるために、温度や湿度の影響を受ける厳しい設置環境になる上、調理時のアルコールなどに反応しないようにする誤報対策が必要であった。1985年（昭和60年）8月に誤報等の減少を目的としたセンサの改良および技術の進歩により検査項目が改訂された。

アルコールおよび水素などのガスによって誤報しないことを確認する選択性試験、長期性能試験として温度と湿度を変化させたサイクル試験、腐食試験やガス中通電試験を見直しするとともに、業務用厨房等の設置環境の比較的厳しい場所に設置される業務用ガス警報器の検査項目も追加された。

その後同年10月ガス警報器技術基準等検討専門委員会において、3年から5年への有効期限延長について検討され、耐久試験項目が追加となり、各種センサごとに試験内容を決めて、水素ガスによる警報濃度が0.1%以上であることをもって合格とし、長期耐久性能を確認することになった。1991年（平成3年）業務用のガス警報器の有効期限も3年から5年に延長された。

1970年（昭和45年）より、都市ガス事業者は原料を石油系ガス（6B）から天然ガス（12A・13A）に切り替える転換作業をすすめてきた。天然ガスは地球温暖化の原因の１つであるCO_2の発生が少なく、大気汚染物質である硫黄酸化物やすすが発生せず、窒素酸化物の発生量も少ないのでクリーンエネルギーとされている。多くの都市ガス事業者の転換が完了し、1992年（平成4年）12A・13A用の規格が追加され、専用のガス警報器が誕生した。

ちなみに「13A」などのガス規格の意味は、数字で熱量を、A,B,Cの文字で燃焼速度をあらわしている。

都市ガス用警報器は、警報器の普及を義務付けに依存することなく、ガス事業者による警報器の有効性のPRや販売活動などの地道な努力により、普及していった。リース制度の導入により、手軽に購入できるメリットも普及に貢献している。

その後都市ガス用警報器は、設置場所が天井付近であることから、空気より軽い不完全燃焼排ガス中の一酸化炭素も検知するガス・CO警報器へと進化していくこととなる。

3.1.3 COガス検知

ガス警報器等の普及によりガス事故は年々減少傾向にあるが、その中でも事故関係の話題がCO中毒事故防止に着目されるようになった。1983年（昭和58年）に不完全燃焼を検知するCO警報器が誕生したが、COを検知するセンサは高価であり、その制御も複雑であることから、ガス警報器と比較すると価格が高く、CO警報器の普及はCF式（自然排気式）風呂釜使用世帯など主に関東以北の地域に限られたものであった。

COはガスの不完全燃焼によって発生するが、空気とほぼ同じ比重で無色、無臭、無刺激のため気がつくことができない。現在は開放式湯沸器や屋内式給湯器（FF式、FE式）などに不完全燃焼防止装置などの安全装置が装備されているが、高気密化住宅や高齢化社会の中、警報器はCO中毒防止として有効である。

都市ガス用としては、設置位置が同じであることから、ガス・CO警報器として普及しているが、一方LPガス用は設置位置が異なるため、検知部分離型（天井付近にCO、床面付近にLP）など開発されたが、コストも高くなり普及率は低い。

1983年（昭和58年）9月に、一般財団法人日本ガス機器検査協会は、不完全燃焼警報器検査規程（暫定）を作成し、自主検査を行った。1986年（昭和61年）1月より規程の見直しが行われ、同年8月に“暫定”を取り除き検査規程が制定された。CO警報器の警報濃度は、人体に与える影響の比較的少ない血液中のCOHb（COヘモグロビン）濃度を25%とし、設置される部屋の容積や、ガス消費機器の不完全燃焼の状態等を考慮して設定されている。CO警報器はその用途により浴室用と台所・居室用に区別される。

浴室用については、入浴時間が長くて40分～50分と想定し、50分でCOHb濃度が25%となるCO濃度が250ppmであることや、消費機器が不完全燃焼した場合に、CO250ppm到達後に、約5.6分でCOHbが25%に到達することから、警報濃度は250ppm　5分以内に警報を発することとされた。また警報を発しない濃度については、CF式風呂釜で点火初期にCOが80～90ppmになることがあり得るので、誤報防止として100ppm以下では警報しないこととされた。

一方台所・居室用においては、部屋の大きさとCO発生量の最悪ケースの組み合わせで、CO濃度上昇速度の極端に遅い場合の230ppmと極端に速度の速い場合の500ppmを考慮し、COHb25%に達するまでの時間から、CO濃度200ppmで15分以内かつCO濃度550ppmで5分以内に警報をすることの2点を基準値とした。また開放式湯沸器の点火の繰り返しで、COが50ppmになることが考えられるため、CO濃度50ppmでは警報を発しないこととしている。

液化石油ガス用の不完全燃焼警報器検定規程は、1994年（平成6年）に制定された。高圧ガス保安協会液化石油ガス研究所において、事故防止対策上から安価で信頼性のある普及タイプのCO警報器の研究を開始し、新型センサの開発や、警報方法、フィールドテストなど実施した。

LPガスが不完全燃焼した場合に発生するガス組成が$CO : H_2 = 2 : 1$であることが理論および実験で確認され、検知対象ガスに水素が追加された。そして、COの発生は重大事故に結び付く危険性があることから早期警報方式として、

換気注意報（5分以内）	CO	50ppm以上250ppm以下
	H_2	25ppm以上125ppm以下
本警報（1分以内）	CO	150ppm以上550ppm以下
	H_2	75ppm以上275ppm以下

と定められている。

3.2 複合機能への流れ

3.2.1 単機能からCO検知複合化へ

ガス消費機器関連の事故件数、死傷者数は、1980年（昭和55年）以降ガス警報器、マイコンガスメータ、ヒューズガス栓のいわゆる安全器具3点セットの普及に伴い、大きく減少してきた。しかし、不完全燃焼によるCO中毒事故は減少せず、その対策としてCO警報器の開発が各社で開始され、1986年（昭和61年）には不完全燃焼警報器検定規程が一般財団法人日本ガス機器検査協会にて制定され商品化が開始された。

但し、CO検知単機能では普及がなかなか進まなかったが、その当時ガス事故の死亡原因の7割をCO中毒事故死が占める状況となり、都市ガス事業者が、ガス死亡事故を限りなくゼロに近い水準に引き下げる安全高度化目標をかかげ、それを受けて都市ガス検知と不完全燃焼検知の複合型の開発が検討された。

空気より軽い12A・13Aガス用（メタン）と不完全燃焼時に発生するCOは、漏洩時には共に天井近傍に拡散する。

従って、同一ケースにメタンとCOを検知する機能を搭載したガス・CO警報器の開発が着手され、1994年（平成6年）には商品化された。

また、ほぼ同時期に空気より軽いガス用である水素も検知対象ガスとする都市ガスとCOを同時に検知する警報器も商品化されている。

初めて商品化されたガス・CO警報器のメタン検知には、従来の都市ガス用警報器に使用されていた半導体式都市ガスセンサが採用され、またCO検知には、1986年（昭和61年）に商品化されたCO警報器のCOセンサが採用された。

COセンサは、約100℃の低温で検知し、90秒毎に60秒間300℃の高温で定期的にガスセンサをヒートクリーニングする方式でCO50～550ppmを精度良く検出する事が可能となった。

警報濃度としては、メタンは１段目をLELの約1/100（0.05％）で2段目をLELの1/4（1.25%）以下で検出し、COは、1段目を50～200ppmで15分以内に、2段目を550ppm以下で5分以内に検出する様設計された。また、メタンとCOの警報を識別する方法として、警報ランプの色をメタン検知には赤色ＬＥＤで、CO検知には黄色ＬＥＤが用いられ、警報も音声方式でメタンとCOが識別できる方式が採用された。

この時には、警報ランプの配置を左より電源ランプ（緑LED）、CO警報ランプ（黄LED）、ガス警報ランプ（赤LED）の位置に統一された設計が各社でなされた。

外部信号に関しては、CO警報時に新たに18Ｖの有電圧信号を設け、故障時や電源OFF時に０Ｖを監視時に６Ｖ、メタン検知時に12Ｖを出力し、識別する方法がとられる事となった。

2006年（平成18年）10月には、ガス警報器工業会技術委員会で「複合型警報器の統一仕様ガイドライン」が取りまとめられた。

その後、業務用需要家に対しても、都市ガスとCOを同時に検知する警報器として、業務用環境下でも長時間安定して検出可能な接触燃焼式ガスセンサを搭載した家庭用業務用兼用のガス･CO警報器が1997年（平成9年）には商品化されている。

また、空気より重い都市ガス及びLPガス需要家については、警報器の設置位置が異なる事でガス・CO警報器の開発が遅れたが、2006年（平成18年）にはLPガス検知部を分離したLPガス・CO警報器も商品化された。

都市ガス市場にあっては、ガス検知技術の高度化に伴い、一つのガスセンサでメタンとCOを検知できる省電力の半導体式ガスセンサが開発され、１センサ方式のガス・CO警報器が1999年（平成11年）に商品化されている。

現在では、都市ガス市場に普及している約8割の警報器がガス・CO警報器となり、不完全燃焼事故防止に役立っている。

3.3 警報器高度化への取り組み

3.2.2 ガス警報器と住宅用火災警報器の一体化

1997年（平成９年）頃の全国の火災事故状況としては、建物火災の発生件数に住宅火災が占める割合が約４割で、これを建物火災の死者数で考えると約６割の方が住宅火災で亡くなっている状況であった。

その当時、一般住宅では住宅用火災警報器の義務化はなされておらず、全国で年間2～3万台と普及率が非常に低い状況であった。

この様な状況の中、東京消防庁は住宅用火災警報器の普及促進の一環として一般家庭に広く普及しているガス警報器に着目しガス事業者へ開発要請を行い、1997年（平成９年）より開発が開始された。

住宅用火災警報器とガス警報器を一体化する場合、２つの大きな課題があった。

まず１つ目は、設置基準の問題である。住宅用火災警報器で壁面に設置する事が出来る警報器は、煙式とイオン化式に限られており、熱式タイプは取付けることが出来なかった。また、ガス警報器はガス機器を使用する台所に主に設置される。台所では、料理等で頻繁に煙が発生するため、火災警報器を取付ける場合熱式タイプしか認められていなかった。そこで、熱式を壁面に設置しても火災検知性能面で問題ない実験検証がなされ、消防庁より1999年（平成11年）に設置基準の見直しが通達された。但し、日本消防検定協会では火災単機能しか認められておらず、暫定的に火災検知部は日本消防検定協会で、ガス検知部は一般財団法人日本ガス機器検査協会または高圧ガス保安協会で認証を行う方法で運用が開始された。しかし、この制度はいまだに続いている状況である。

２つ目は、火災センサをガス警報器に付加する事によるコストアップの問題である。

コストアップの対策として、3.1.3でも前記した様に従来まで都市ガスとCOを別々のガスセンサで検出していた部分を１つのガスセンサで検出することでコストの上昇を最小限に抑える対応を行った。

ガスセンサとしては、従来のガス警報器やCO警報器で実績のある半導体式ガスセンサを小型、省電力化し、従来150秒のサイクルで駆動されていたガスセンサを20秒に短縮させると同時にCOのみでなく同一センサでメタンも検出出来る様に改良されたタイプを採用した。以上の課題をクリアし、1999年（平成11年）住宅用火災・ガス・CO警報器が商品化された。

複合型同様、火災とガス漏れ、COの３つの警報を識別する手法として、従来のガス漏れ、COとは別の場所に火災警報ランプを設置し、音声方式を用い火災、ガス漏れ、COの区別を行う対応を実施した。

また、外部出力としては、ガス漏れとCOに関しては従来同様有電圧による識別信号を搭載し、火災信号としては、住宅用火災警報器で用いられていた無電圧ａ接点出力信号が搭載された。

尚、火災センサに関しては、居室用として熱式以外に煙式もほぼ同時にラインナップされていった。

その他、火災検知機能と同時にCO検知機能が動作した場合は、死亡事故に繋がる大きな火災となることが予測され、警報音声を識別し警報させる機能も搭載された。

それまで一般住宅で年間約2～3万台の普及しか消防業界では出来なかったことが、警報器の形状や普及のやり方により、1999年（平成11年）に商品化された住宅用火災・ガス・CO警報器は、１年間で約30万台も普及することとなった。このことは、現在の住宅用火災警報器全戸設置義務化のきっかけとなっている。

その後、LP市場に対しても住宅用火災・ガス・CO警報器が開発され、商品化された。

当初、台所には熱式しか認められていなかったが、熱式では検知が遅く、早期に検出できる煙式が有効であることを全国消防関係者に実証し、台所へも設置標準を煙式とし、やむを得ない場合に限り、熱式を設置することに変更されている。

以上の様に開発された住宅用火災・ガス・CO警報器は、2009年（平成21年）度には、都市ガス用警報器の約5割、年間93万台が普及し、一般住宅の安全確保の一翼を担っている。

安全機器として機能向上および信頼性の向上が、ガス警報器の高度化の進むべき方向であり、それは、ガスセンサの信頼性の向上とガス警報器の電子機器としての機能および信頼性の向上によって達成される。

本節では、ガス警報器の電子機器としての高度化の取り組みについて、主に機能の向上の側面からマイコンの高度化との関連について主眼をおいて解説する。

ガス警報器にマイコンが導入されたことにより、複雑なセンサ駆動や複数の検知タイミングでのパターン認識からのガス検知が容易となった。これにより、複数のガスの検知や、誤報の抑制などの機能を実現している。

また、マイコン機能の向上や不揮発性メモリの採用に伴い、故障自己診断機能や警報履歴記憶機能などの信頼性を向上させる機能も搭載されるようになってきており、製造工程面ではボリュームレス調整やトレーサビリィティ製造システムなどの改革が成され、ガス警報器の電子機器としての信頼性も向上してきている。

ガス警報器が開発された当時、マイコンは存在せず、警報設定ガス中でのセンサ出力値を、ボリュームの回転角を用いて回路に記憶させるものだった。1990年代にはA/D変換機能を持たない４ビットマイコンが登場し、ガス警報器にも使用されているが、依然としてボリューム調整を必要としていた。1990年代後半には、A/D変換機能付マイコンと不揮発性メモリを用いて、機械的なボリューム調整工程のいらない警報器が実現されている。丁度この頃、警報器搭載のマイコンも8ビットマイコンとなり、多数の入出力制御ポートやA/D変換ポートを持ち、A/D変換の分解能も8ビットから10ビットへ変わって来ている。最近では音声処理の全てをマイコンが行うものもあり、16ビットや32ビットマイコンも使われている。

このマイコンの能力向上に伴い、ガス警報器の機能も年々高度化をたどっている。

3.3.1 誤報問題とその対策、解決について

ガス警報器の誤報には雑ガスによるもの、早鳴りによるものがある。以下にそれぞれの場合に分けて問題点とその対策、解決方法について述べる。

①雑ガス対策

多くのガスセンサは検知目的以外の可燃性ガスに対しても感度を持つため、雑ガスと称される調理時のアルコール成分でも鳴動する場合がある。また殺虫剤スプレーはスプレーガスとしてフロンに替わりLPガスが使われているため、床面近くに設置されるLPガス用警報器では、殺虫剤のスプレー使用によって鳴動する場合がある。このような雑ガスに対して頻繁にガス警報器が鳴動する場合には、コンセントを抜かれたりして警報器としての機能を果たさなくなることがあるため、雑ガス対策が必要である。

a.都市ガス用警報器の雑ガス対策

都市ガス用警報器では、誤報を防止するために活性炭フィルターで対応している。このフィルターは、ガスセンサのキャップに組み込まれており、活性炭の特性、すなわちアルコールを吸着除去するが、分子量の小さいメタン、CO、水素などは通過させる性質を利用している。この雑ガス対策は、警報器の機能というよりもガスセンサでの対策ではあるが、都市ガス用警報器においては広く普及している。

b.ＬＰガス用警報器の雑ガス対策

LPガス用警報器では検知対象のLPガスが活性炭に吸着されてしまうので活性炭フィルターは使えない。そこでスプレーの噴射などに対しては、ガス濃度の時間経過が一過性であることから、タイマーを用いた警報遅延機能やセンサ出力の時間変化をマイコンで処理判断するなどのフィルター機能を持たせて対応している。

c.燻蒸式殺虫剤対策（主成分ジメチルエーテル：DME）

燻蒸式殺虫剤も主成分のDMEなどは可燃性ガスであり雑ガスの一種であるが、燻蒸式殺虫剤の使用は数

時間に及ぶため、ガス警報器側での対策は非常に困難である。

そこでガス警報器工業会では、燻蒸式殺虫剤を使用する場合の注意事項を取扱説明書に記載することで対策としている。その記載内容は、通電状態でポリ袋などによりガス警報器を包み、燻蒸式殺虫剤から隔離することである。

②早鳴り対策

ガス器具の点火失敗時に発生する生ガス、調理開始時の鍋の温度が低い事に起因する不完全燃焼で発生するCOなどに対する警報は、ガス警報器の誤作動（誤報）ではないが、ユーザーから見ると誤報（いわゆる早鳴り）と感じられるため、対策が必要である。ほとんどが一過性であり、LPガス用警報器の雑ガス対策と同様に、警報遅延機能や警報判断フィルター機能で対応可能である。しかし設置環境等によっては数分間持続するような場合があり、警報遅延やフィルターも機能しない。このような設置環境に対応するためには、ガス警報器の警報を発するガス濃度を許容範囲内で高濃度側に設定するしか方法がない。

しかし警報濃度を高濃度側に設定する場合には、ガスセンサの経時安定性、周囲温度湿度特性の変動、検知遅れ時間などに関して、少なくとも警報器の寿命である5年間は検定規程の規格値を満足出来るように、初期設定に十分にマージンを取る事が必要である。

3.3.2 分かり易い警報音の模索（ブザー音、音声、メロディ）

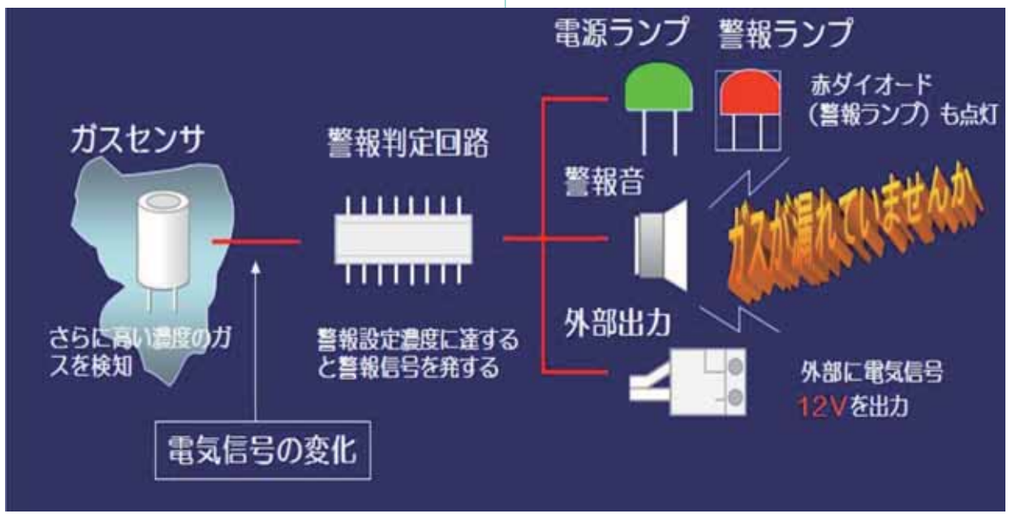
ガス警報器開発初期には電磁式ブザーを用いたものが開発されたが､その後は主に圧電ブザーを用いた「ピー」という電子ブザー音が主流となっている。ガス警報器が普及し始めた当初は、ガス警報器以外に一般家庭内で電子ブザーを使用した機器等は少なく問題は無かったが、その後いろいろな電気製品でも電子ブザー音が使用されるようになり、ガス漏れ警報との区別がつきにくくなってきた。

ユーザーから、毎朝ガス警報器が鳴動するとの通報で駆けつけると、洗濯機のブザーが鳴っていたというエピソードもあった。

そのためユーザーがガス漏れに容易に気がつくように、電子ブザーに代わって日本語の音声で警報メッセージを発したりメロディで注意報を発したりするスピーカを搭載した警報器が開発された。

この警報メッセージについては、ガス警報器のメーカー毎に警報のメッセージが異なっているとユーザーの混乱を招きかねないため、ガス警報器工業会で統一メッセージを策定している。ガス漏れの場合は、『ガスが漏れていませんか？』､不完全燃焼の場合には『空気が汚れて危険です。窓を開けて換気して下さい』となっている。

このように日本語音声メッセージを採用するなど、ガス警報音はユーザーにとって分かり易くなってきているが、それでも高齢者には聞き取り難い場合があることが、新たな問題となってきている。これは、音量としては技術上の要求である１ｍ離れたところで70dB以上に対しては十分大きくても、電子ブザー音の周波数帯が数kHz程度で高齢者には聞き取りにくい場合があることである。



この対策として、高齢者でもよく聞こえるといわれている600Hz程度の低周波数帯を含むブザー音や周波数を掃引するスイープ音を統一メッセージに追加してきている。

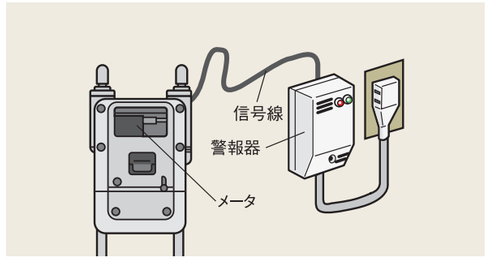
ここで今後の警報音の向かう方向について考えてみる。音声を再生する場合は、音声データを記録している専用のICやスピーカ駆動用アンプが必要であるが、最近はマイコンが記録している音声データを直接処理して音声メッセージを発するガス警報器もある。専用音声ICを用いる場合、音声データはマスクROMに書き込まれるため、いろいろなメッセージを用意することは容易ではない。しかし後者のマイコンのフラッシュ ROMに書き込みできる場合には、ブザー音やスイープ音などの音色を変えたり、統一警報音声メッセージ以外のさまざまなメッセージや言語を用意したりすることが比較的容易であるため、今後の主流となるものと思われる。

3.3.3 外部機器との連動（外部出力仕様の種類と変遷）

最初のLPガス用警報器の外部出力は、リレー接点を使用した無電圧a接点出力であり、監視時：OFF、警報時：ONという単純な物だった。

続いて1980年（昭和55年）に都市ガス用警報器が誕生し、同時に二段階有電圧出力の仕様が登場した。この有電圧出力は都市ガス用警報器だけでなくLPガス用警報器にも使用された。

1987年（昭和62年）にマイコンメータⅡが登場し、ガス警報器と接続することにより、ガス漏れ時には内蔵の遮断弁を閉じてガスを止めることができるようになった。メータと警報器の連動が多くなり、消防法上の制約によりフォトカプラを使用した無電圧出力の警報器が登場した。1994年（平成6年）にS型のメータが登場し、無電圧出力を持つ警報器としてはS型メータの仕様に合わせた警報器が多くなっている。



都市ガス用警報器では、1994年（平成6年）に誕生したCO検知機能の付きのガス・CO警報器の普及に伴い、ガス漏れ警報とCO警報を見分けるために三段階有電圧出力が採用され、また、1999年（平成11年）に発売が開始された火災検知機能の付いた住宅用火災・ガス・CO警報器では、火災警報出力として無電圧a接点出力が、続いて2005年（平成17年）に相互鳴動用火災連動入出力が採用された。

2008年(平成20年)､無線連動機器も登場しているが､これは上記の出力を持った警報器の出力を信号線に接続する代わりに無線機器に接続し、他方の無線機器をメータなどに接続する方式であり、基本的には今までの信号線の代わりに無線機器を接続する方式になっている。

下記にそれぞれの方式ごとの特徴と使用方法をまとめる。

①有電圧出力

都市ガス用警報器の誕生とともに、二段式の有電圧出力（監視時:DC6V、警報時:DC12V（トラブル（警報器故障・電源断、信号線断線など）時：0V））が登場した。この規格は、インターホンの入力信号の仕様であったことからガス警報器の出力の仕様に導入され、ガス警報器工業会と一般社団法人インターホン工業会の間で仕様の取り決めを行った。

表 3.3.3-1　二段階有電圧出力

1	監視時	DC 6V（5～6V）
2	警報時	DC12V（11～15V）
※	トラブル時	DC０V（警報器電源断、断線など）

1981年（昭和56年）、ガス（火災）警報設備が地下街等へ設置義務となり、警報設備は警報器からのガス警報信号（DC12V）入力時は音と表示で、トラブル（0V）時には表示で知らせるシステムが出来た。個別の表示部をもつため、複数台の警報器を接続した場合でも、ガス漏れまたはトラブルがどの警報器から（またはどの地区から）上がっているのかを特定できるシステムになっている。設置義務場所に使用する警報装置は、他の電源から独立して規定の電気容量の非常電源を設けた１級受信部を使用しなければならないなど、各法令で詳細な技術的な基準が決められている。

また、警報器のガス漏れ信号を受けるとガスを遮断する「自動ガス遮断装置」、マンションの廊下に戸外ブザーを設置して警報器が警報したときに他者にも知らせることが出来る「外部警報方式」、管理人室などに設置する「集中監視装置」など、多種の外部機器との連動に有電圧出力が使用されている。

CO検知機能が付いたガス・CO警報器が登場したことにより、前述の二段階式有電圧出力にCO警報時：DC18Vが加わった三段式の有電圧出力（監視時：DC6V、ガス漏れ警報時：DC12V、CO警報時：DC18V（トラブル（警報器故障・電源断、信号線断線など）時：0V））が登場し、こちらも一般社団法人インターホン工業会との間で仕様の取り決めを行っている。

表 3.3.3-2　三段階有電圧出力

1	監視時	DC 6V（5～6V）
2	ガス警報時	DC12V（11～15V）
3	CO警報時	DC18V（18～27V）
※	トラブル時	DC０V（0～3V） （警報器電源断、断線など）

②　無電圧出力

ＬＰガス用警報器の開発当初に無電圧a接点信号が登場したが、続いてフォトカプラを使用したマイコンメータ用の出力が登場した。（マイコンメータ用の出力を持つ現存する警報器はLPガス用のみで、都市ガス用でガスメータに接続する場合は有電圧出力を信号変換器で無電圧出力に換えてから使用している。）

マイコンメータとLPガス用警報器を接続することにより、ガス漏れ警報時に自動的にガスを遮断するとともに、マイコンメータの状態を屋内に設置されている警報器の音やランプで知らせることのできるものが登場した。

表 3.3.3-3 メータの状態を知らせる音声メッセージ例

No.	状態	メッセージ内容
1	遮断予告	「ガスを長く使用していませんか、（一度止めて下さい）」 ※ピッ
2	遮断時	「ガスを（メータで）止めました」 ※ピッピッ
3	復帰安全確認中	「（安全を確認中です）しばらくお待ち下さい」 ※ピッピッピッ
4	復帰安全確認終了時	「ガスが使えます」 ※ピー

注１　ガス漏れ時の「ガスがもれていませんか」も含め、上記のメッセージはガス警報器工業会で統一されている。

注２　No.1 ～３のカッコ内のメッセージの有無は任意。

注３　※はブザー音の例

これらのマイコンメータと連動する警報器は、マイコンメータの先にNCU（ネットワークコントローラユニット）を接続して電話回線を利用した集中監視システムに接続されていることが多い。この集中監視システムは1985年（昭和60年）頃から普及が始まったが、電話回線→NCU→マイコンメータ→ガス警報器→商用電源の流れで、雷による雷サージでマイコンメータやガス警報器が破壊されることが多かった。そこで、雷をバイパスするFG端子をガス警報器・マイコンメータ・NCUがそれぞれ持ち、それらのFG 端子を信号線とは別の配線で接続する事により雷サージをバイパスでき、雷サージの影響を受けることが無くなった。現在のマイコンメータ用の信号付き警報器にはFG端子を設けることがデファクトスタンダードとなっている。

S型メータの登場とともに、新警報器と分類されるS型メータに対応する信号を持つLPガス用警報器が誕生した。S型メータとそれに対応した警報器の信号は多岐にわたっており、それを利用し、ショートとガス漏れ警報信号を見分ける機能や警報器の状態を確認する機能などが加わり、高機能化になっている。

「ガス警報信号」は、監視時：OFF、警報時：ON（５秒）／ OFF（５秒）の繰り返しの信号となり、端子の水濡れなどによるショートや信号線のショートなどの常時ONと見分ける事ができる。また、メータの「電源アンサ要求信号」に応じて警報器が「電源アンサ信号」を出力することにより、ガス警報器が監視状態にあることをメータが確認する機能、警報器の電源が抜かれた場合に警報器が「プラグ抜け信号注４」を出し、メータが警報器の電源が抜かれたことを認識・表示する機能がある。

他には、メータから「警報器未接続検知信号」を出すことにより警報器の接続の有無を検出する機能がある。

表3.3.3-4　警報器の状態を確認する信号（機能）

	信号の種類	内容
警報器が出力	ガス漏れ警報信号	警報器がガス漏れを検知して、ON ／ OFF のガス警報信号をメータに出力する。
	電源アンサ信号 注４	メータからの「電源アンサ要求信号」に応答して、監視中である旨の信号をメータに出力する。
	プラグ抜け信号	警報器がプラグ抜け（電源断）を検知して、プラグ抜けである旨の信号をメータに出力する。
メータが出力	電源アンサ要求信号	警報器が通電監視状態にあるかどうかチェックする信号を警報器に出力する。
	警報器未接続検知信号	メータが未接続検知信号を出力して、警報器の接続の有無を判断する。

注４　プラグ抜け機能が付いた警報器を接続した場合のみ。

③　火災警報出力信号

都市ガス用で普及している火災検知機能の付いた警報器は、ガス（有電圧出力）とは別に火災警報用の出力を持っており、無電圧a接点出力や相互鳴動用火災連動入出力が採用されている。

相互鳴動用火災入出力は、住宅用火災警報器の誕生とともに登場した。この信号同士を接続することにより、本体が火災を検知して警報するだけでなく、別の警報器が火災を検知していることを認識し、音やランプで知らせることが出来るようになっている。

3.3.4 自己診断機能、テスト機能の高度化

ガス警報器は、5年間365日常に万が一発生し得るガス漏れや不完全燃焼排ガス等の検知を行っている。

ガスセンサやその他の部品の故障で、ガス漏洩時または不完全燃焼警報時に動作しなかった場合は、非常に深刻な事態となり得る安全機器である。

ガス警報器が開発された当初より、故障をした時には音またはランプの表示をするよう工夫されてきた。

その様な状況の中、2006年（平成18年）消費生活安全法が改正され、ガス警報器も対象となると、それまでガスセンサの一部に設けられていた自己診断機能が、ガスを検出できない、警報できない等不安全側モ

ードとなる部品全てを検出する故障診断機能として、付加され始めた。表3.3.4.-1は、現在ガス警報器に搭載されている自己診断機能の一例である。

また、2008年（平成20年）１月には、都市ガス用警報器の設置時点検の簡略化を図るため、以下の2点の取り決めがガス警報器工業会でなされた。

まず1つ目は、スポイト点検方法である。ガス警報器の長期信頼性向上のために、ガスセンサに搭載するフィルター性能の改善がなされ、ライターガスで点検を実施すると、鳴動しないまたは鳴り止まない等の問題が発生していた。そこでフィルターに悪影響を与えない点検方法として「スポイト点検方法」を統一基準として決定した。警報器本体にライターガスによる点検禁止表示、またスポイトマークの表示のある物は、ライターガスでの点検を行わないようにした。

スポイト点検方法とは、ライターの炎の内炎やガスバーナーの炎の内炎より採取したガス（CO、水素）にて、都市ガスセンサとCOセンサを同時に点検する方法であり、より簡潔にガス警報器を点検できるよう改良されている。

2つ目は、点検スイッチによる点検方法及び自動初期点検機能である。これまでガス警報器の設置時には、点検ガスによる初期点検を行ってきた。これは「ガス警報器が保安機器としてその重要機能に問題がない」事を確実にする上で欠かせないものであった。

しかしながら、ガス警報器が単機能から不完全燃焼検知、更には火災検知までできる様になると、それぞれの初期点検方法が機種毎に異なる等、現場で混乱が生じてきた。

この問題に対応するため、一定の機能・性能を持った警報器を対象に、設置時の点検を容易にし、ガス警報器を設置する場合の負担を軽くするために、点検スイッチ及び自動初期点検機能で設置時の初期点検を可能とするガス警報器の仕様を統一した。

尚、点検スイッチ及び自動初期点検機能による設置時の初期点検が可能な警報器には、警報器本体に「スイッチ点検機能付」または「自動初期点検機能付」の表示がなされた。

表 3.3.4.-1 ガス警報器での自己診断機能の一例

項　　目	診断内容
ガスセンサ	ガスセンサ全てのピンのオープン、ショート不具合の検出
ガスセンサ駆動回路	ガスセンサの適正電圧範囲外で駆動された場合の検出
電源回路	電源系が基準範囲外で駆動された場合の検出
警報回路	スピーカ（または、ブザー）及び警報回路不具合時の故障検出
外部出力回路	警報時の外部出力信号を監視し故障を検出

3.3.5 その他（トレーサビリティ、発報履歴記憶など）

上記の様なガス警報にかかわる機能のほかにも以下に述べるような機能の向上が図られてきている。

①トレーサビリティ

トレーサビリティとは追跡可能性のことである。

ガス警報器のユーザーの立場から見ると、まずガス警報器の販売事業者がいて、そのあとにガス警報器メーカーが位置している。ガス警報器における追跡システムも大きく分けると二つ存在する。ひとつは警報器販売事業者の市場追跡システムであり、もうひとつはガス警報器の製造事業者が構築する製造追跡システムである。

まず警報器販売事業者の市場追跡システムについて述べる。これは、ガス警報器販売事業者が市場ユーザー情報とガス警報器のシリアルナンバーを結びつけるシステムである。いつ、誰に、どのガス警報器を販売したかが追跡可能なシステムとなっている。このシステムを用いて顧客管理およびガス警報器の有効期限管理などを行っている。

つぎに、ガス警報器製造における追跡システムについて述べる。この製造追跡システムでは、ガス警報器に用いられる部品のひとつひとつ、作業者や組み立て治具にいたるまでの情報すべて（いつ、どこで、誰が、どの部品を、どの装置を用いて作ったかなど）がガス警報器のシリアルナンバーと結び付けられており、情報の検索が両方向に可能なシステムを構築している。

具体的なシステム構成としては、データサーバと製造各工程間で通信システムを構築し、製造工程の最上流から、ガス警報器の1台毎に管理ナンバーあるいはシリアルナンバーを付与して、工程毎にどのような部品が使われたかなどの情報をリアルタイムで管理するものである。

このようなシステムを構築すると、万が一何らかの製造上あるいは部品に関する異常が発生した場合などに、迅速に影響の及ぼす範囲を特定することが可能となる。また、ガス警報器の製造面から見ると、製造工程をトレースする都合上、決められた作業手順から外れる作業を行うこと自体が不可能になる。そして、作業者も自分の工程に責任を持つようになることなどから、製品の品質が向上するという副次的なメリットもある。

この製造トレーサビリティシステムと販売トレーサビリティシステムを組み合わせると、ガス警報器を販売、管理する上で非常に有効なシステムとなるため、ガス警報器販売業者に対して有効なセールスポイントとなっている。

ガス警報器は安全機器という商品の性質上、ガス警報器メーカーとして、この様なトレーサビリティ製造システムを構築していくことは、今後必須となるであろう。

ガス警報器においては不揮発性メモリを利用して様々な機能を実現するようになった。製造時に警報調整ガス濃度中でのガスセンサ出力の記録、市場設置後の積算通電時間の記録や以下に述べる発報履歴記憶や有効期限切れお知らせ機能などである。

②発報履歴記憶

ガス警報器がガスもれ警報やCO警報を発したり、故障自己診断機能により故障警報を発したりすることをイベントと呼ぶこととする。発報履歴記憶とはこのイベントの記録を残すものであり、警報内容、そのときの積算通電時間、温度センサやガスセンサの出力値、警報の継続時間などのイベントデータを不揮発性メモリに記録する。メモリ容量の関係から、最新の数回分のイベントデータを記録し、古いデータは順次上書きされるようなシステムとなっている。

このデータを基に、設置環境などを推定することが可能であり、ガス警報器の解析調査では必須のデータである。また、CO警報時のイベントデータから、ガス警報器ユーザー宅の燃焼器具改善の要否など、適切なアドバイスをする事が可能となるため、安全の実現に貢献できる。

③有効期限切れお知らせ機能

有効期限切れお知らせ機能は、不揮発性メモリを搭載しているガス警報器のほとんどが持っている積算通電時間記録の機能を用いて、ガス警報器自身の有効期限5年間が過ぎたことを認識し、音声やランプなどでガス警報器ユーザーにお知らせする機能である。

ガス警報器はガスセンサの特性変化に起因する5年間という有効期限を持っているが、安全機器としては、有効期限切れの状態を回避したい。ガス警報器ユーザーの安全を守るためにも、ぜひ有効に活用していただきたい機能である。

3.4.1 警報器の省電力化

警報器の普及とともに、お客さまからの要望事項も様々なものが挙げられるようになった。そのひとつとしてLPガス用警報器は床面付近に設置するため、本体が大きいと狭い台所では邪魔になったり、蹴飛ばしたり、物が落下してくることもある。衝撃が加わることもある。

また、電源コンセントの近くである冷蔵庫の付近に設置されることも多く、冷蔵庫が開き扉から、引き扉に変わってくる中で、設置場所が限定されるようになってきた。また消費電力をおさえることは、電気代の節約や省エネの観点からも課題であったため、スイッチング電源や回路効率化を図ることで、省電力でかつ小型にもなると、薄型警報器が開発された。従来2～3Wの警報器の消費電力を1W以下に抑えるようにすることができた。

省電力化を進めてきた結果、警報器も財団法人日本環境協会の「エコマーク」を取得することができた。「エコマーク」は、環境への負荷が少なく環境保全に役立つと認められた製品に付けられる環境ラベルで、ガス警報器の認定基準は、次の通りとなっている。

エコマーク商品類型No.139「建築備品（設備）」認定基準書　分類A-1　～ガス警報器～

① 警報器の消費電力は、通常時（監視時）1W以下であること。2センサタイプまたは3センサタイプは1.6W以下であること。

② 製品の発泡樹脂は特定フロン、CFC、四塩化炭素、トリクロロエタンおよび代替フロンを使用しないこと。

③ 製品は水銀、カドミウム、六価クロム、およびそれらの化合物、PBB、PBDE、塩素化パラフィンなど、定められた成分を添加していないこと。

④ 製造工場が環境法規等を順守していること

⑤ 品質に関する基準は、高圧ガス保安協会、一般財団法人日本ガス機器検査協会、日本消防検定協会に基づく検査基準に適合していること。

ガスセンサは、約400℃以上に加熱して使用するため消費電力の削減は難しく、電池駆動も困難であるとされてきたが、更なる進化をし、ナノ技術を用い今後は電池駆動式のガス警報器も期待できるようになった。

3.4.2 ユニバーサル仕様への取り組み

ガス警報器がガス漏れ検知の単機能から不完全燃焼検知、火災検知等高機能化するのに伴い、ユニバーサル仕様が各社の色々な製品で採用され始めている。現在使用されているユニバーサル仕様への各社での取組状況を表3.4.2.-1に示す。

ガス警報器の警報表示が見易い、操作がし易い、高齢者でも聞き取り易いといった機能が2003年（平成15年）頃より商品化され、よりガス警報機能が明確になる様改良されている。

表 3.4.2.-1 ユニバーサル仕様の取組状況

項　目	内　容	効　果	商品化時期
警報表示が見易い	レンズ表示	ＬＥＤより大きな表示で見え易い。	2003 年
	絵文字表示	近距離であれば、暗い場所でも警報内容が判る。	2004 年
操作がし易い	点灯式スイッチ	押す場所が暗い所でも判る。	2007 年
	大型スイッチ	スイッチを大型化し押し易くする。	2007 年
誰にでも聞き取り易い	警報音圧のアップ	警報音圧をアップさせより聞こえ易くする。	2004 年
	高齢者対応警報音	高齢者でも聞き取り易い周波数帯域を警報音へ織り込む。	2004 年

3.4.3 電池駆動型警報器の開発

最近の住宅においては、台所もシステムキッチンに変化し商用電源のコンセントがすべて隠蔽でスイッチになるなど換気扇近くにコンセントが無く、警報器の設置場所が制限されている。またコンセント位置が遠いと電源コードを配線することから、美観上懸念されることもある。

設置が容易で、電源コードも必要がないことから電池駆動式のガス警報器が望まれている。また住宅用火災警報器の設置義務化に伴い、その火災警報器が電池駆動で設置が簡単なことから、ガス警報器の電池駆動を望む声も大きくなってきている。

現在市販されている電池駆動型警報器は、LPガス用（バルク）とCOガス用の2種類がある。

①LPガス用（バルク）

LPガスの供給形態において、集合住宅や業務用レストラン、病院、学校などガスを大量に消費する施設には、シリンダー（ボンベ）供給システムでは、設置場所の制限や交換頻度の多さから、欧米先進国をはじめアメリカの95%で実施しているバルク供給システムについて1990年（平成2年）頃から検討されていた。

バルク供給とは、消費者の敷地内にバルク貯槽を設置し、道路上に停車した充填設備（バルクローリー）からホースを接続し、直接LPガスを充填する方式のことである。

国内では、規制が厳しく順調に普及には至らなかったが、規制緩和の流れの中、1997年（平成9年）4月に液化石油ガス法の改正（液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律施行規則　平成9年3月10日通商産業省令第11号）により実用化することになった。

バルク貯槽は集中監視システムと連動しており、ガスの使用量、液面などの情報を常時監視しているが、プロテクター（バルク貯槽のガス設備を保護するカバー）内部にはガス検知器を設置することが義務化された。ところがバルク貯槽を設置する場所には商用電源がなく、その工事費用がかかることから電池駆動型の検知器の開発が急がれた。

電池駆動で警報器と同じ5年保証とすると、電池の本数も多くなり本体も大きくなり、コストも高くなり実現できないが、バルクの場合は電池交換頻度を短くしてでも電池駆動式が望まれ、2年～3年の寿命での警報器として実現することができた。

1997年（平成9年）バルク供給及び充てん設備に関する技術上の基準等の細目を定める件（平成9年3月17日通商産業省告示第127号）第15条において、ガス検知器の設置等にバルク用のガス検知器の仕様を定められ、防水構造であることや警報音を鳴らさずに接点出力により、NCU等に接続可能な外部出力をもつこと、またガス応答時間を5分以内とすることなどの基準が決められた。

この基準に適合するよう検知器が開発され、最初の電池駆動式ガス検知器が誕生した。

その後2010年（平成22年）1月に規程が改正されバルク検知器の検定規程ができることになった。

②COガス用

半導体式や接触燃焼式では、消費電力も大きいため実現が難しかったが、定電位電解式センサの登場により電池駆動型警報器が可能となった。

2006年（平成18年）8月、一般財団法人日本ガス機器検査協会において電池式不完全燃焼警報器（浴室外用）の基準が制定され、2007年（平成19年）10月ガス警報器検査基準に統合された。CO警報器としてのニーズも高まってきたが、普及するまでの広がりはなく、ガス・CO警報器の電池駆動式を望む声が大きかった。

同じころ住宅用火災警報器の設置義務化がはじまり、電池式の火災警報器が普及していくこととなった。火災にはCOの発生も伴い、火災を早期発見する目的で住宅用火災・CO警報器が開発された。火災で死亡する要因としてCO中毒も年々増加傾向にあり、今後はCO・煙警報器が普及していくことで、死者数の減少も期待できる。

また最近では、業務用厨房のCO事故を防ぐために業務用換気警報器が開発され、CO事故の減少につながっている。

3.4.4 業務用厨房の安全対策（業務用換気警報器の開発）

ＬＰガス消費段階の事故件数、死傷者数は、1980年（昭和55年）以降ガス警報器、マイコンガスメータ、ヒューズガス栓のいわゆる安全器具3点セットの普及に伴い、大きく減少してきた。しかし、不完全燃焼によるCO中毒事故は、減少することはなく1986年（昭和61年）にCO警報器が開発され、安全機器として普及し始めた。

開発されたCO警報器は、2段警報方式でありCO200ppmで15分以内に、CO550ppmでは5分以内に警報するよう設計されていた。

この様な性能のCO警報器を業務用環境厨房へ設置した場合、業務用燃焼機器の点火時に発生する一過性のCOに反応し警報してしまう環境も多く、その場合警報器の取り外しや電源プラグの抜き取り等が行われ、またその後は使用されないケースが多く発生した。

以上の背景により、業務用厨房でのCO中毒事故対策が検討されCOが人体に悪影響を及ぼす恐れのある場合のみ、警報する新しいロジック用いた「業務用換気警報器」が2006年（平成18年）に開発された。

開発された警報器の仕様を表3.4.4-1に示す。

表 3.4.4-1 業務用換気警報器の仕様

項　　目	仕　　様
電源	リチウム電池
センサ種類	電気化学式ガスセンサ
警報方式	音声警報方式
警報判定方式	COHb 検出方式

特に警報判定方式をCOHb濃度判定方式とし、一過性のCOのみでは反応せず、人体に影響の出るレベルで蓄積された場合のみ警報させる事が特徴となっている。

このロジックを確立させるためには、CO濃度に対し高濃度まで精度良く検出させる必要があり、今までガス警報器としては、使用されていなかった電気化学式のCOセンサが新規に開発され搭載された。

また、COHb判定基準には、従来のCO警報器の判定基準の基となったCOHb25％以内で警報させる様に設計された。

2006年（平成18年）8月には、一般財団法人日本ガス機器検査協会にて「業務用厨房不完全燃焼警報センサ規程（暫定）」が制定された。業務用換気警報器は、2006年（平成18年）11月より3年の有効期限で発売が開始され、その使用実績及び警報性能により2010年（平成22年）6月には有効期限も６年に延長され、普及と共に業務用厨房でのCO中毒事故防止に貢献している。

3.5 ガスセンサ技術の変遷

ガス警報器の技術開発の歴史を語る上でそのキーテクノロジーであるガスセンサの技術がどう変遷して来たかを知ることは非常に重要である。日本国内で家庭用の警報器が登場する以前からガスセンサは存在していたが、それはヨーロッパで普及していた産業用とりわけ炭坑用のメタンガス検知器に搭載されていた接触燃焼式センサに代表される。

わが国ではそのセンサ応用を起源として1960年代に家庭用ガス警報器の歴史が始まるわけだが、それはとても一般消費者では手を出せない大型で高価な焼結金属ハウジングを外装した高コストセンサ搭載の警報器であった。

保安確保の観点からいくらガス警報器の必要性が説かれても、その『普及』が進まない限りはお飾りでしかない。当時の先駆者たちはそのことを念頭に置きながら経済性を伴うセンサの開発に邁進して行った。やがてそれは市場に受け入れられると更なる技術革新を遂げ、他国に類を見ないガスセンサ技術発展の歴史を辿ることになった。

この分野における技術開発はわが国のお家芸の一つであると言っても過言ではない。ここでは、家庭用・業務用に特化されたセンサ技術の開発概要と進化の過程を時代背景と共に述べたい。

3.5.1 検知原理の変遷

高価であったため普及しなかった「接触燃焼式ガスセンサ」に代わって1962年（昭和37年）に登場したのが「半導体式ガスセンサ」である。半導体式はその特長から家庭用ガス警報器の市場で確固たる地位を築くこととなり、また社会のニーズ変遷にもうまく応える技術進化を遂げ50年を経た現在もその地位は揺らぐことなく、最も普及している検知原理の一つとなった。

半導体式の登場後、1972年（昭和47年）にコストも含め家庭用に改良した接触燃焼式が再び登場した。接触燃焼式はその検知原理から対象ガスは可燃性ガス専用であり、また、半導体式との特長の違いから現在ではその棲み分けがなされている。

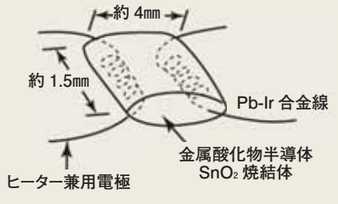
暫く、半導体式と接触燃焼式で市場を分けていた歴史の中で1986年（昭和61年）に半導体式の構造を大きく改良した「熱線型半導体式ガスセンサ」が登場した。これは接触燃焼式の構造でありながら半導体式の検知原理を用いたセンサである。熱線形半導体式の発売当初は一般の半導体式に比べ耐久性面で劣る点はあったが、その後、技術改良が重ねられ年々シェアが向上して現在では通常の半導体式と同じ目的・用途での市場を二分する形で普及している。

最近になってCO中毒事故が注目されてきたことは先に述べた通りであるが、古くは1983年（昭和58年）に世界で初めて半導体式COセンサが実用化され20年以上国内での独占が続いた。その後、2006年（平成18年）にわが国の家庭用ガス警報器では初の「電気化学式ガスセンサ」が登場した。COガスを検知対象とする電気化学式センサは、その以前から工業用・産業用で普及している検知原理の一つであったが、メンテナンスフリーを前提とする家庭用または業務用の市場で使用されることは画期的な出来事であると言え、近年その応用の幅は広がりつつある。

現在の国内における家庭用（業務用）警報器に搭載されるガスセンサの検知原理は以上の4方式に集約される。下記にそれぞれの検知原理、対象ガス、特長について述べる。

①半導体式ガスセンサ

検知原理：可燃性ガスが存在すると感ガス体の電気抵抗値が下がり、この変化がガス濃度に依存することを利用したものである。感ガス体は半導体特性を有する金属酸化物の焼結体で構成され、ガスの吸着や反応を促進する貴金属触媒が担持されている。この感ガス体はヒーターによって一定温度に加熱されると、清浄大気中では空気中の酸素が一定量その表面に負電荷吸着（半導体中の伝導電子を補足して吸着）し高い抵抗値を示す。ここに可燃性ガスのような還元性のガスが接触することで吸着酸素と反応を起こして脱離し、補足していた伝導電子は開放され低い抵抗値を示すようになる。金属酸化物半導体は1980年代に酸化鉄が一部使用された時期もあるが、現在では酸化スズが主流となっている。触媒には微量のPtやPd等の貴金属が使われるのが一般的だが、感度の安定化や選択性付与のため他の添加物も加えられることが多い。

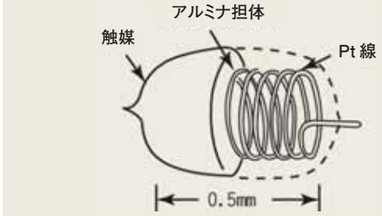


対象ガス：ほとんどの還元性ガスに感度を有し、メタン、ブタン、水素、COいずれのガスにも使用可能である。但し、対象ガスの種類によってセンサの作動温度や添加触媒の種類と量を変えることで対応している。

特長：構造が頑丈であり長期間安定して作動する。特に経年変化は高感度化方向にあり、フェールセーフ機構を自ら備えているためメンテナンスフリーの保安用センサとしては、他の方式より優位な特徴である。また、ガス中におけるセンサ出力の変化を大きく取り出せるため、増幅回路を必要としないこともメリットとして上げられる。

②熱線型半導体式センサ

検知原理：基本的な原理は半導体式と同じで金属酸化物半導体の抵抗変化により可燃性ガスの検知を行う。センサ素子の構造に違いがあり、熱線型半導体式のセンサ素子は、白金線コイル上に金属酸化物半導体の酸化スズを塗布して焼き上げた焼結体となっている。白金線コイルは金属酸化物半導体を高温（約400～500℃）に保つヒーターの役割と、半導体の電気伝導度変化を検出する電極としての役割を兼ねている。素子の構造を電気的にみるとコイルの抵抗と半導体の抵抗が並列回路を構成しているとみなすことができる。半導体にガスが吸着することによって、半導体の抵抗値が減少し、合成抵抗が減少する。この抵抗変化はブリッジ回路を用いて偏差電圧として取り出すことができる。またセンサの動作温度はブリッジ電圧によって制御されている。



構造図

対象ガス：メタン、ブタン、水素、ＣＯなど半導体式と同じである。

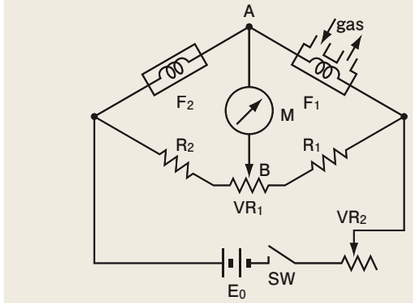
特長：ガス感度の出力が大きく、特に低濃度領域での検知が可能である。素子構造が単純であるため消費電力は100～200mW程度と小さい。素子の熱容量が小さいので初期安定や応答速度が速いことも挙げられる。

③接触燃焼式ガスセンサ

検知原理：2組の白金線ヒーターコイル周囲にそれぞれPd、Pt等の貴金属触媒を担持したアルミナ粉体と燃焼活性の低いアルミナ粉体をビーズ状に塗布焼成し、これらを対として使用する。前者を検知素子、後者を補償素子と呼び、アルミナ上の燃焼活性以外はまったく同じ構成である。ここに可燃性ガスが到来すると検知素子側では接触燃焼が起こり素子の温度上昇と共にヒーターコイルの抵抗値が上昇し、その反応が起きない補償素子のヒーター抵抗値との間に差が生じる。この抵抗差分はブリッジ回路により電圧変換してガス濃度に応じたセンサ出力として得られる。センサ出力は半導体式に比べ小さい（mVオーダー）ため増幅回路を介して警報判定に利用される。

対象ガス：メタン、水素、LPガス等の可燃性ガス。

特長：センサ出力がガス濃度に対してリニアであり高濃度領域に対して検出精度が高い。また、補償素子により周囲の温度、湿度等の外乱要因をキャンセルする機構を有している。更に、各可燃性ガスの燃焼熱はそのLEL濃度に比例し、各対象ガス間のセンサ出力は%LEL濃度値で一致しやすい。すなわち、相対感度が合わせやすく全ガス用の警報器にも対応が可能である。



④電気化学式ガスセンサ

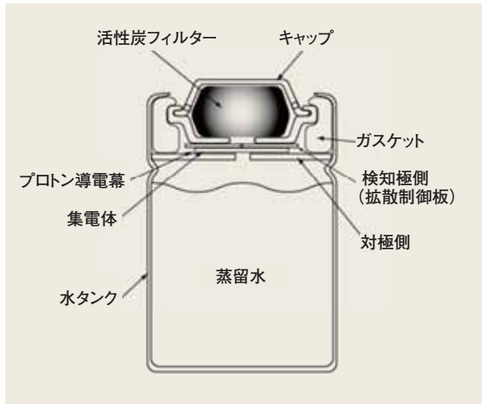
検知原理：電気化学式センサにはいくらか種類があり、現在は定電位電解式と燃料電池式の２方式がCO警報器用途で使用されている。いずれの方式も、COを酸化させる触媒活性を高めた酸化電極（検知極）と酸素の還元反応を促進する還元電極（対極）の間に、イオンを運ぶことができる電解質層が設置され電気化学セルを構成している。検知極および対極の外側にはガスが速やかに反応するよう拡散膜が取り付けられ、作用極においてはガスの拡散速度が電極反応速度より遅くなるように制御（拡散律速）されている。

このセル周辺にCOガスが存在すると、検知極では$CO+H_2O \rightarrow CO_2+2H^++2e^-$ の反応が、対極では検知極で発生したプロトンと電子がそれぞれ電解層と外部回路を通じて供給され$2H^++\frac{1}{2}O_2+2e^- \rightarrow H_2O$ の形で反応を終結させる（全反応：$CO+\frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$）。

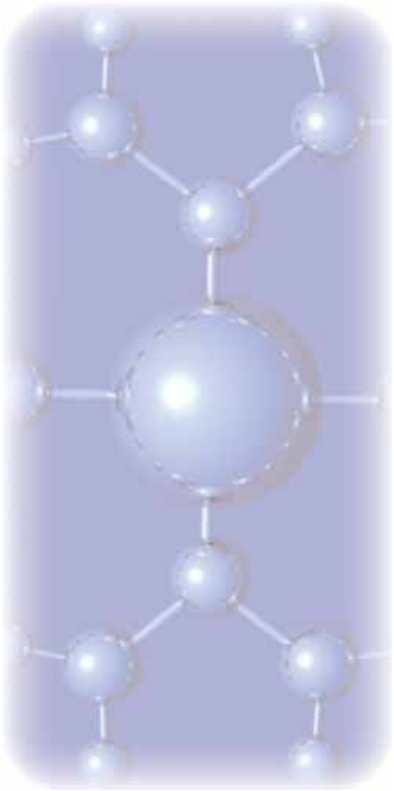
燃料電池式では電解質層にプロトン導電体膜やアルカリ電解液が使用され、電極反応はその触媒活性のみで上記の反応が完結する。この時、外部回路を流れる短絡電流がCO濃度に比例しこれを電流－電圧変換し増幅することでセンサ出力が得られる。

一方、定電位電解式では電解質層を硫酸水溶液とし、対極近傍には参照極を備え検知極と参照極間に酸化還元電位を与え、その際発生する電解電流がCO濃度に比例しポテンショスタット回路を介して測定される。

対象ガス：COのみ。



特長：CO選択性が高く検出精度が高い。室温で作動させるため消費電力が小さく電池駆動が可能である。また、センサ出力がCO濃度に対してリニアであり、業務用換気警報器などで利用されているCOHb濃度を基準とした警報方式にも対応が可能である。



3.5.2 広がる対象ガスへの対応

警報器の検知対象ガスは大別するとLPガス（ブタン）、都市ガス（メタン、水素、ブタン）、不完全燃焼ガス（CO、水素）の3つに分類される。それぞれの対象ガスにどのようなセンサがどのように適用され、また技術開発がどのように進められたかを簡単に解説したい。

①LPガス用

1962年（昭和37年）世界で初めて半導体式ガスセンサが大阪の発明家によって開発された。発明のきっかけは当時、家庭用エネルギーとして急速に普及していたLPガスの事故が社会問題となっており、技術者としての探究心と社会貢献への思いに駆られたことにある。

TGS109

このセンサは警報器メーカーの手によって1969年（昭和44年）世界初のLPガス用警報器に採用されたが、その応用に関して特筆することがある。センサは電気抵抗値が清浄大気中で約100kΩあるものがLPガス10％ LEL中に晒すと約4kΩに低下するような感度特性を狙って設計された。このセンサを約AC50Vで鳴動し始める電磁式ブザーと直列接続してAC100Vを印加したのである。電磁式ブザーのコイルインピーダンスは約4kΩに調整されており、LPガス10％ LEL中近辺で警報器が鳴動を始めるという原理である。

当時のエレクトロニクスと言えばトランジスタではなくまだ真空管が主流の時代であり、現在の技術者なら考えない大胆な発想であったと言える。また、当初の警報器機能としてはLPガスを検知するだけ（単体型警報器）でよく、現在のように外部機器連動すなわちAC100Vと絶縁された外部出力を保有する要求も少なかったため、回路設計が容易で採用し易いと言う時代背景もあった。

やがてこのセンサはその感度不安定さにより市場での不鳴動や誤作動の不具合を引き起こし、改良を余儀なくされることになった。

当初、この酸化スズを用いたガスセンサの検知原理（センサの電気抵抗値変化）は、絶縁体に近い金属酸化物がセンサの作動温度である400℃近辺において、還元性ガスであるLPガスに晒されると酸化スズの一部が還元され金属スズに変性して抵抗値が下がると考えられていた。今思えば金属酸化物材料の半導体理論と掛け離れた認識であるが、当時はまだガス検知原理の理論構築も幼年期にあり、感度安定化や選択性付与等の材料設計に方針を導き出せる学術的背景になかった時代である。そんな中、折しも同時期にガスセンサの理論を研究する大学の研究室とタイアップする機会を得、前述の不具合を解決する改良研究が進められ信頼性の高いLPガス用センサへと成長して行った。

このように半導体式センサが進化を遂げる過程で、技術者の間では従来の技術である接触燃焼式をLPガス用警報器のセンサとして再登場させようとする動きが出てきた。図らずも半導体式による市場での不具合が拡大する中で1972年（昭和47年）にLPガス用警報器の検定制度（ブラックラベル）がスタートし、より高い信頼性の警報器を普及させる必要に迫られた時代であった。

接触燃焼式センサの開発課題は、専ら小型化と低コスト化にあった。産業用のガス検知器に要求される防爆性能を実現するために装着されていた焼結金属ハウジングから簡易防爆のステンレスの金網に取り替えられた。また、センサエレメントも小型化され家庭用として使い易い大きさまで縮小された。

このようにして再登場した接触燃焼式はその検知原理から経年変化が低感度化方向に向かうことが知られていた。しかし、検定スタート当初は警報器の有効期限が3年間と短く接触燃焼式センサ搭載の警報器は信頼性が高いと評価されるようになった。

その後、警報器の有効期限が延長され、メンテナンスフリーの保安用センサとしてフェールセーフ機構が重要視される時代の流れと共に、接触燃焼式でも長期感度安定性の改良開発が施され、現在の有効期限5年にも十分耐え得るセンサ性能を備えている。

②都市ガス用

都市ガス用センサの登場はLPガス用に遅れること８年余りが経過してのことである。そのセンサの原型は前述の1962年（昭和37年）発明起源の半導体式に同じであり、LPガス用からスタートしたこのセンサをメタン用に転じるため作動温度を上げて使用した。半導体式の場合、LPガス用は感ガス体温度を400℃近辺で作動させるのがよく、メタン用の場合は450℃以上で作動させるのがよかった。しかし、これでメタン感度を得ることができたが､他に大きな問題が2つあった。

一つは、当時の対象ガスは天然ガスよりもまだ製造ガスが多く対象ガスはメタンと水素の混合ガスとしなければならず、両者の相対感度を%LEL濃度で一定範囲内に揃える必要があった。その頃のセンサ製造は手作りの工程がまだ多く感度ばらつきが大きかった。また、季節の温湿度の違いで特性が変動する生産特性を持っており、安定して所望の相対感度を得ることが難しかった。

もう一つの問題は、センサ駆動温度を上げたことによりセンサの劣化スピードが速くなったことである。劣化と言っても半導体式の場合、特性劣化は鋭敏化方向にあるため結果として誤報が多発した。LPガス用に比べ雑ガス、蒸気の多い雰囲気で使用するため、それらのガスに感応することで誤報に到るだけでなく、雑ガスとの反応によって駆動回路の原理から感ガス体の自己発熱が大きくなり高温連続駆動が鋭敏化を加速させる原因になっていた。

この2つの課題（相対感度コントロール､高温耐久性）を同時に解決すべくセンサメーカーではセンサの基本構成は変えずに触媒の量や添加方法、焼成強度を変えるなどして改良を施し、1989年（平成元年）に有効期限が3年の都市ガス用センサとして完成を果たした。

しかし、いずれの課題も完全に解決されたわけでなかった。メタン－水素相対感度については量産スタート後もセンサ選別で対応し収率悪化時は供給不足とコストアップに悩まされた。耐久性については後に活性炭フィルターキャップの装着で解決に漕ぎ着けるが、それまではたびたび誤報発生に悩まされることが多かった。

このようにして苦労しながら産声を上げた都市ガス用センサは寿命延長取り組みを経てセンサに求められる機能・性能がある程度明確にされた後、時代の要請とともに新しいセンサの開発が活発となり、前述の熱線型半導体式（1984年（昭和59年））や半導体式メタン・CO複合センサ（1999年（平成11年））登場のきっかけとなった。現在でもその初代のセンサは一部で利用されているが、LPガス用も含め警報器用センサのほとんどは新しいタイプに置き換わり40年続いたその長い選手生命を閉じようとしている。

一方、接触燃焼式も半導体式と同時期に都市ガス用警報器に採用された。ただ、家庭用については都市ガス事業者の「フェールセーフ機構」、すなわち半導体式センサへの拘りが強く、接触燃焼式は大きく普及して来なかった。

その中で使用環境が厳しい業務用については、半導体式では雑ガスや蒸気に敏感過ぎて活性炭フィルターを付けたセンサでも誤報が起きることから、接触燃焼式が多く使用されるようになった。

③不完全燃焼ガス用

対象ガスをCOとするセンサ原理は半導体式か電気化学式が適していることは、CO警報器を普及させたいと言うニーズが高まってきた1980年（昭和55年）代には知られていた。当時、電気化学式はまだ工業用･産業用分野での実績しかなくコストも高く検討の対象から外れており、半導体式でのセンサ開発が都市ガス会社とセンサメーカーの間で展開された。そのセンサも都市ガス用センサと同じく1962年（昭和37年）発明のLP用センサを起源としている

センサエレメントの形状・材質は大きく変えずセンサの駆動方法をCO検知に有利なように大きく変更した。CO感度は感ガス体温度が低い方がガス感度を得やすい反面、長期の安定性はある程度温度上昇させヒートクリーニングしながら使用することが望ましいと分かっていた。そこで､感ガス体表面温度を高温（300℃以上）と低温（100℃以下）で周期的（2.5分周期）に変化させながら低温におけるセンサ出力をCO濃度出力として利用する方式が取られた。

当初からこのセンサには活性炭フィルターが装着されたが、これは調理蒸気などによる誤報軽減に役立っ

ているもののそれは副次的な効果であり、当初本来の目的は不完全燃焼と同時に発生するNOxを除去することであった。半導体式材料（酸化スズ）は還元性ガスとの反応で抵抗値が下がるが、逆にNOxのような酸化性ガスに接触すると抵抗値は上がりCOと逆の感度を示すため、致命的な妨害ガスとして除去する必要があったからだ。

TGS203

このようにして完成した半導体式COセンサは1983年（昭和58年）に初めて都市ガス用CO警報器に搭載された。しかし、非常にコストが高いものであったため中々普及が進まなかった。その後、社会問題としてCO検知に対する認識が高まり1990年（平成2年）代に入って普及促進の機運とともに本センサのコストダウンが実現し本格普及のきっかけになった。

その後、新たな小型ビーズタイプの半導体式や熱線型半導体式によるCOセンサが開発され都市ガス用警報器にこれらセンサが搭載されたCO検知機能付のガス・CO警報器が普及を果たすこととなった。また、最近のトレンドとしては電気化学式COセンサが家庭用として許容できる価格にまでコストダウンを実現し、そのシェアを徐々に上げつつある。

TGS5041

3.5.3 センサの小型省電力化

国内にガス警報器が普及し始めてしばらくの間、センサの開発・改良課題は主に前述の対象ガスへの対応と後述の信頼性向上、またコストダウンにあったと言ってよい。

コストダウンは警報器普及とともに数量規模の効果、そして量産技術が進歩したことで一定の成果を得た。事実、どのセンサにおいてもその価格は長い歴史の中で物価上昇とは逆行して一律に下げ方向で推移している。

一方、信頼性向上について詳しくは後述するが、市場で発生した誤報クレームや有効期限延長への取り組みにおいて数々の問題を克服してきた。

1990年代にこれらの課題が一段落すると時代の要請もあり、小型で低消費電力のセンサが望まれるようになってきた。センサの小型化は警報器のデザイン性（小型化、薄型化）を向上させることができ、省電力は世の中のエコロジー指向への対応も可能にする。同時にエレクトロニクスの発達によりコストを抑えたトランスレスの電源回路設計が容易になり警報器の軽量化の可能性も出てきた。これらの課題に各センサメーカーと警報器メーカーが同時に取り組み、完成した警報器は省電力の上、洗練されたデザインで軽量化が図られており、ガス事業者にとって商品価値の向上のみならず、搬送業務を容易にさせる大きなメリットをもたらしたことは特筆すべきことである。

このようにセンサの小型省電力化は警報器のあり方を変える重要な開発課題であったが、安直に目的が達成できるものではなかった。小型化はそのまま省電力化へと繋げられるものの上述のコストダウンや信頼性向上とは背反する方向にある。特に警報器信頼性の要であるセンサ耐久性は、感ガス体の大きさに多かれ少なかれ依存すると言うのがこのデバイスの本質でもあるからだ。

各センサメーカーはこの技術的背景を念頭に置きながら技術開発を競い合ってきた。以下にセンサ形状および検知原理別に実用化された小型省電力センサの開発経緯を振り返ってみる。更にはその究極の形である電池駆動可能なセンサの開発が現在進められているが、その開発状況についても触れてみたい。

①半導体式センサ

国内で初めて実用化された半導体式センサは、そのエレメント大きさが米粒1個分ぐらいの体積であった。LPガスや都市ガスを検知するにはこの感ガス体を400℃以上に加熱する必要があり、それに要する消費電力は1000mW強と非常に大きな電力を要した。

このセンサに変わって1999年（平成11年）に実用化されたセンサは、省電力設計のためにヒーター線径を従来の1/4とし、細巻きしたコイル中央に電極線を通して、その周囲に感ガス体を小さくビーズ状に形成して昇温効率の最大化を図った。これにより消費電力が40mW以下にまで軽減され、都市ガス用メタン・CO複合型センサとして採用された。

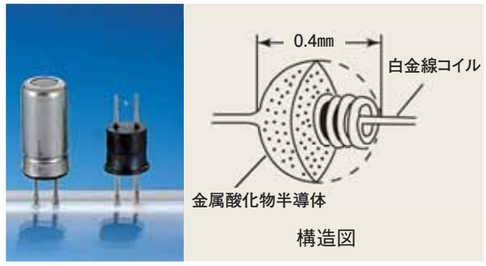
SB95

一方、LPガス用には印刷技術を駆使した平板型センサが1991年（平成3年）に新たに採用された。2.5㎜角のアルミナチップの表裏にヒーターと感ガス体およびそれぞれに付随する電極をスクリーン印刷技術で積層してセンサエレメントを構成した。消費電力は350mW程度（従来の約1/3）となり大幅な省電力化を実現させた。その後、平板型センサの小型化が更に進み1997年（平成9年）には1.5㎜角チップで消費電力280mWのものが主流になった。印刷手法を採用したことで特性の均質化とコストダウンを同時に実現したこともこのセンサの大きな特長である。

TGS2610

②熱線型半導体式センサ

センサ素子の構造が単純で、消費電力が小さい熱線型半導体式センサをさらに微小化することにより、応答速度が早く、低消費電力のセンサとすることができる。センサ素子の直径を従来の500μmから150μmまで小さくすることと、素子表面の温度上昇も早いことから、パルス周期での駆動を行い、消費電力を0.6mWと抑えるように改良を行った。このセンサは1999年（平成11年）に電池式バルク用警報器に搭載し実用化された。また金属酸化物に酸化インジウムを用いCOセンサ用としてパルス駆動を工夫し、長周期と短周期の組み合わせをすることで、さらに省電力化を図り0.2mWまでを実現し、2006年（平成18年）に国内初の電池式住宅用火災（煙）・CO警報器に搭載された。



構造図

③接触燃焼式センサ

この方式のセンサも熱線型半導体式と同じ形状のため小型化がしやすい。しかし、検知素子と補償素子の2つのエレメントが必要なことから省電力化には不利である。

当初開発された接触燃焼式センサは、約50～60μmの白金コイルの周囲に約φ2㎜のビーズ状の触媒を塗布焼成し、消費電力的には約600mW程度が必要であった。

その後、各メーカーで省電力化が検討され、現在では約20～30μmの白金コイルが用いられビーズサイズも約φ1㎜まで小型化された。消費電力は、ＬＰガス用、都市ガス用ともに約300mWにまで低減されている。

④電池駆動型ガスセンサの新規開発状況

現在の電池技術による電流容量や大きさ・コストを鑑みて、5年間使用可能な電池駆動型警報器に搭載されるべきセンサの消費電力は0.1mW以下が要求される。

電気化学式の場合は、その動作原理から電力を必要とせずこの要求仕様でも問題とはならない。しかし、半導体式や接触燃焼式など高温作動を前提とするセンサにおいては非常に高い目標となり、これ以上の省電力化を実現するには新たな技術開発が必要となる。

現在、各センサメーカーが電池駆動型センサの開発に精力的に取り組んでおり、その方向性はいずれもMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を利用したセンサプラットホームが基本となっている。MEMS技術はシリコンウェハーを特殊エッチングにより3次元構造に微細化することが可能であり、センサエレメントの基本となるヒーターおよび電極をパターニングして感ガス体が塗布される面積と厚みが限界まで極小化されている（ex.100μ角チップ）。

感ガス体も従来のように厚膜塗布やビーズ形成の形を取らず、スパッタ技術やスピンコートなどにより薄膜化を試みる方向へと流れている。

開発中の検知方式は半導体式と接触燃焼式であるが、いずれも連続駆動では目標の消費電力は達成できない。そのため、ヒーターは例えば30sec周期で100msecだけONするパルス駆動を採用している。感ガス体部分のヒートマスはMEMS技術で極小化されているため熱レスポンスが数10msecまで大きく改善されてパルス駆動が可能になった。このことが大きなブレークスルーとなり消費電力を大幅に下げる結果となった。

まだこの種のセンサ開発は完了していないが、数年以内には完成され世界初の家庭用ガス警報器として発売されることになろう。更にはその延長線上で技術が進めば、センサと同一プラットホーム（シリコンチップ）上に集積回路作製技術を駆使して信号処理回路や警報回路を組み込むことも可能となり、夢は大きく膨らんで行く。

3.5.4 信頼性向上への取り組み

家庭用並びに業務用のガス警報器用センサに求められる信頼性はさまざまな角度から議論する必要がある。ここでは信頼性の具体的な中身に加え、長い警報器の歴史において市場で発生したセンサ由来のクレームに端を発する誤報問題の克服や有効期限延長への対応について解説したい。

①センサに求められる信頼性項目

ガスセンサの性能や特性を技術的に評価や説明をするとき、その項目は大まかに基本特性、機械的強度、長期性能、耐環境特性に大別される。

基本特性はガス感度、応答速度、ガス選択性、温湿度依存性、初期安定化特性、短期再現性などである。機械的強度は衝撃や振動および応力によるセンサハードの堅牢性を示す指標である。

長期性能については、これら各基本特性と機械的強度が大きな劣化を伴わず長期に渡って維持することができるかを問われる項目である。警報器がエンドユーザーである消費者先に設置されるまでの無通電期間中（長い場合で1年半ぐらい）および設置後の5年間において安定したガス検知性能を示すことが必須要件であり、初期の基本特性と強度だけではメンテナンスフリーの保安用センサとしては成立し得ない。半導体式や接触燃焼式では400℃以上の熱耐久性がこの長期性能を大きく左右することになる。

更に考慮されなければならないのは耐環境特性である。ガスセンサは一般の電子デバイスとは異なり、その機能材料部（ガスセンサの場合は感ガス体）を樹脂やガラスによって封止する事ができず、外界（四季の温湿度変化や多種の雑ガス）に始終晒されることによって、これらがガスセンサの性能を劣化させる大きな原因になっている。特に、住宅の密閉性が年々高くなっていること、家庭で使用される化学製品（洗剤、殺虫剤、アロマ、防錆剤など）や建築材で使用される材料（接着剤、充填剤など）が多岐に渡ってきていること、などが十分な信頼性を確保する上で大きな障害となる。

国内のガスセンサの研究・開発の歴史は50年近くが経ち、技術の進化と共にこれらセンサに要求される初期性能と機械的強度を発現させることは比較的容易になっていると言える。しかし、長期に渡ってこれらを維持する安定化の技術と悪環境への耐久性改良については大きく進歩したものの、まだ進化の余地は残されている。

以上がセンサの信頼性に係わる概要であり、これらの課題を解決することが「信頼性向上への取り組み」であり、現在もその探求努力が各センサメーカーの間で続けられている。

②誤報および鈍化対策と被毒耐久性の向上

警報器信頼性向上の歴史の中でも最も苦労したのが半導体式および熱線型半導体式センサの誤報対策である。誤報原因の直接要因は、調理中の蒸気や燃焼器具の排ガスあるいは殺虫剤などの雑ガスにセンサが反応することによって引き起こされる。間接要因としては、センサが長期通電により経年的に感度が鋭敏化する、あるいは特定のガスによって被毒を受け一時的あるいは恒久的に感度が鋭敏化することに拠っている。

ここで、誤報はその一方だけで起こっているのではなく、直接原因と間接原因が複合して発生いるケースが大半である。前項にも述べたように最近ではどのセンサも初期特性（ここではガス選択性）は十分な性能を有している。感ガス体に添加する触媒やフィルター層（雑ガスだけを燃焼させる層）による材料キャラクタリゼーション、あるいは活性炭など外付けフィルターがその主な解決技術として採用されている例が多く、それによって警報器設置初期において誤報が発生することはほとんどなくなった。

問題は、長期に使用（通電）されるに従い間接原因である感度鋭敏化が顕著に現われ誤報に至るケースである。センサはガスとの反応が起こる感ガス体表面状態が、その検知原理に応じて安定している（変化しない）ことが理想とされる。例えば、半導体式であれば表面の燃焼活性、吸着特性、表面水酸基と吸着酸素量など感度や選択性に与えるファクターは数多い。この表面状態を変化させる外乱要因が400℃以上に過熱することによる熱的影響と、触媒を劣化させ感ガス体表面に残りやすいシリコンや硫黄化合物あるいは塩素系化合物により引き起こされる被毒である。

一方、接触燃焼式センサは経年的な感度の鈍化が本質的な問題として議論されることが多かった。その感度劣化のメカニズムは比較的単純で、触媒活性（ガスの接触燃焼促進）による感度発現が、半導体式の誤報と同じ間接原因である熱的影響とシリコンなどによる被毒により、燃焼活性の低下（鈍化）に至ると言うものである。

これらの問題を解決する試みとして1982年（昭和57年）と1989年（平成元年）に都市ガス業界とセンサメーカー、警報器メーカーが一体となって調査研究プロジェクトが発足し、大きな成果を上げたことはガスセンサ研究開発の歴史の中では重要な１ページと言えるだろう。また、その前後にもLPガス業界からの要請により警報器普及促進を加速させる活動として、警報器の有効期限延長のための調査研究がなされたことも重要な出来事である。それらの詳細については次項で解説する。

③警報器有効期限延長とセンサ性能改良

家庭用の都市ガス用警報器の有効期限は、先述の調査研究プロジェクトの成果として1985年（昭和60年）に3年から5年に延長され、新たにセンサ耐久試験項目を追加した規程改定により検定がスタートした。ここに至るまでに市場に設置されている約5000台の警報器回収調査やセンサのミクロ分析、センサ改良、耐久試験条件等の大規模で且つ科学的な解析検討が行われた。

市場回収調査では接触燃焼式センサは大きな感度変化を有しないことが確認されたが、半導体式センサは使用雰囲気の蒸気や雑ガスにより感ガス体表面温度が継続的に上昇していることが分かり、センサのミクロ分析を行ったところ酸化スズの結晶成長や触媒Pdの凝集が起こっていることを確認した。その結果、センサ抵抗値の恒久的な低下と雑ガスを除去（燃焼）するフィルター効果の低下が重なり、アルコールや水素に対する感度が上昇して誤報に至ると判明した。

これを解決するため、感ガス材料である酸化スズの粒子径を一定幅にコントロールし、酸化スズやPd粒子が変性し難い焼結助剤の最適化を施し、更にはアルコール燃焼に高活性な触媒層をコーティングするなどのセンサ改良を行った結果、飛躍的にセンサの耐久性は向上し5年の寿命が検証されるに至った。

また、このセンサ耐久性が維持されることを確認す

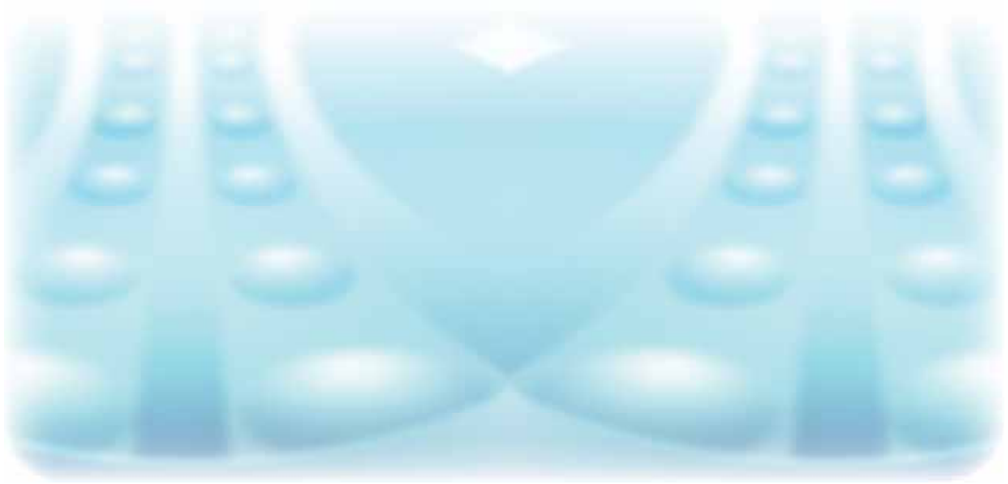
3

るために検定試験において、雰囲気の温湿度を高温高湿(35℃ 60%RH)に維持し、一定量の水素ガス(500ppm 30分/日2回)を10日間暴露させるセンサの耐久試験条件が盛り込まれることになった。

1991年（平成3年）には業務用都市ガス警報器についても同様の調査研究が実施され、業務用は家庭用に比べその使用環境（温湿度、雑ガス濃度）が厳しく、接触燃焼式と熱線型半導体式は若干の鈍化傾向が認められるものの有効期限が3年から5年に延長された。検定上のセンサ耐久試験においても家庭用より厳しい高温高湿条件（50℃ 40%RH）と水素ガス暴露（H_2 1000ppm連続）に加えセンサ表面温度も定格より上昇（電源電圧110%）させて30日間の耐久試験が適用された。

LPガス用警報器においては、設置済みの警報器市場回収調査によって、各センサの警報濃度変化幅が許容内であると確認され、それまで有効期限3年であったものが1984年（昭和59年）に4年へ、1992年（平成4年）には5年へと延長された。

このようにセンサの改良と寿命検証がしっかり行われる中で警報器の有効期限は延長されてきた。確実にセンサの信頼性は向上したと言ってよい。しかし、先に述べた住宅の気密化や家庭で使用される化学製品の多様化によりセンサ耐久性への影響は不利な方向へと進んでいる。また、製品信頼性への社会や消費者の見る目もより一層厳しくなってきている。このような背景において、センサ信頼性向上への飽くなき挑戦は今後も続くことになるだろう。



4 関係法令の変遷

西暦　和暦	LPガス法	ガス事業法	消防法･建築基準法
	液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律(以下「ＬＰガス法」という)		
1978 S53年	ＬＰガス法改正　警報器の製造メーカー及び輸入業者に事業開始届け出と基準適合を義務付け		
1979 S54年	ＬＰガス用警報器を第2種液化石油ガス器具に政令指定		
1981 S56年	ＬＰガス法改正　地下街、共同住宅、料理飲食店等に警報器を義務付け 器具省令を改正、技術上の基準を追加	ガス事業法改正、地下街・地下室にガス警報設備(集中監視型)を義務付け	・消防法 消防法を改正、地下街・地下室にガス漏れ火災警報設備を義務付け ・建築基準法 3階以上の共同住宅に警報器の設置を義務付け
1997 H9年	ＬＰガス法改正され、認定販売事業者にガス警報器等の期限管理義務付け バルク用ガス検知器の設置を義務付け ガスもれ警報遮断装置を義務付け(時限措置)		
2005 H17年			・消防法 定温式住宅用火災警報器に係る技術基準ガイドライン制定
2006 H18年			・消防法 住宅用火災警報器の設置と維持管理を義務付け、新築住宅は平成18年6月1日から、既存住宅は平成23年5月末までに設置

5 検定規程の変遷

LP用ガス警報器検定制度の歩み

西暦　和暦	KHKにおける制改定･運用の内容
1972 S47年	◉「液化石油ガス警報器（家庭用）の検定規程」制定 ◉自主検査検定開始（ブラックラベル）
1975 S50年	◉「液化石油ガス警報器（家庭用）の検定規程」を廃止 ◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」を制定 ◉自主検査検定開始（グリーンラベル）
1981 S56年	◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」改正（中継部･1級受信部･2級受信部･分離警報部を追加）
1985 S60年	◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」改正（制御部を追加）
1987 S62年	◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」改正（情報表示盤を追加）
1990 H2年	◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」改正（吸引式警報器を追加） ◉製造事業者出荷データによる第2検定を実施運用

西暦　和暦	制改定･運用の内容
1994 H6年	◉「液化石油ガス用不完全燃焼警報器検定規程」を制定 ◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」改正（検知部等に誤報防止項目を追加） ◉メーカー交換期限表示年月貼付
1995 H7年	◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」改正 ◉工場審査有効期限延長を実施 ◉合格証の事前貼付を実施
2003 H15年	◉「液化石油ガス用ガス漏れ警報器検定規程」を改正 ◉製造事業者出荷データによる第2検定を改正
2008 H20年	◉「液化石油ガス用不完全燃焼警報器検定規程」改正（電池駆動式検査項目を追加）

都市ガス用ガス警報器検定制度の歩み

西暦　和暦	JIAにおける制改定･運用の内容
1980 S55年	◉ガス漏れ警報器の検査基準を制定し、自主検査制度を開始
1981 S56年	◉ガス漏れ警報器検定基準の改訂（ガス事業法施行規則第85条第7号に規定するガス漏れ警報設備の検知器の規格との整合）
1985 S60年	◉ガス漏れ警報器検定基準の改訂（誤報等の減少を目的としたセンサの改良及び技術進歩に対応するための改訂、業務用厨房等の設置環境の厳しい場所に設置される業務用ガス警報器の新たな位置づけを検討、家庭用ガス漏れ警報器の有効期限延長を検討）
1986 S61年	◉不完全燃焼警報器の検査基準を制定し、自主検査制度を開始
1991 H3年	◉業務用ガス漏れ警報器の有効期間延長を検討
1992 H4年	◉ガス漏れ警報器検査基準の改訂（12A 13A専用のガス漏れ警報器について検討）
1999 H11年	◉ガス漏れ警報器の検定基準を制定（ガス漏れ警報器と不完全燃焼警報器とをまとめて再制定） ◉電池式不完全燃焼警報器の検定基準を制定（浴室内で使用する電池式不完全燃焼警報器について検討）

西暦　和暦	制改定･運用の内容
2001 H13年	◉定電位電解式不完全燃焼警報器の検査基準を制定（センサに定電位電解式を使用した不完全燃焼警報器について検討） ◉業務用不完全燃焼警報器の検査基準を制定（業務用環境に設置される不完全燃焼警報器について検討）
2006 H18年	◉電池式一酸化炭素検知器の検査基準を制定（携帯型の吸引式一酸化炭素検知器(5000ppm以上を検知、濃度を表示)について検討） ◉業務用厨房不完全燃焼警報センサの検査基準を制定（業務用厨房室に設置し、一酸化炭素をCOHb値に換算し警報を発するものの検討） ◉電池式不完全燃焼警報器（浴室外用）の検査基準を制定（「家庭用、浴室外設置、住宅用火災警報器との複合型のもの」について検討）
2007 H19年	◉ガス警報器検査基準の改訂（電池式のガス警報器、警報音等停止機能等について検討）

6 技術委員会の活動

高圧ガス保安協会（以下「ＫＨＫ」という）一般財団法人日本ガス機器検査協会（以下「ＪＩＡ」という）

西暦　和暦	活動内容
1971 S46年	KHKのガス警報器有効作動距離を確認する滞留拡散実験に参加・協力
1972 S47年	LPガス用警報器の設置位置を燃焼器から2m、床面から30cm以内とする基準策定（KHK自主基準）
1975 S50年	KHKのLPガス用警報器性能基準改定に参加･協力、合格シールをブラックラベルからグリーンラベルに変更
1976 S51年	一般社団法人日本ガス協会と都市ガス用警報器の調査研究を開始
1978 S53年	長野県松本市消防本部と協力し家屋内におけるLPガスの爆発実験実施、LPガスの拡散滞留状態、各種警報器の設置位置、警報性能を確認
1980 S55年	JIAに協力して都市ガス用警報器検査規程（JIA自主基準）を制定、都市ガス用警報器の発売開始 警報器の外部出力に2段階有電圧出力方式を取り入れ、電源切れなど戸外ブザーなど外部機器で判別。 LPガス用警報器（集中監視型警報器）保守点検基準策定（GKK自主基準）
1982 S57年	KHKが設置した警報器性能調査委員会に参加、市場使用品を回収して性能調査を実施、昭和59年から有効期間3年から4年に延長
1983 S58年	KHKと協力しCO警報器の検査規程を策定（KHK自主基準） JIAに協力してCO警報器の検査規程（自主基準）を制定
1986 S61年	分かり易い警報音の模索（ブザー音、音声、メロディ）
1990 H2年	ガス警報器設置マニュアル作成、以後、法令改正に伴い刷新 都市ガス用警報器の雑ガス対策

西暦　和暦	活動内容
1992 H4年	妨害電波の影響試験を実施、合格判定基準の策定
1994 H6年	KHKとLPガス用警報器の誤報防止対策の技術基準策定
1996 H8年	KHKとS型マイコンメーターのインターフェイスの基準制定、ガス遮断等を警報器の音声やブザーで表示
1998 H10年	一般社団法人インターホン工業会とCO検知出力を加え3段階有電圧出力方式の基準を制定
1999 H11年	東京消防庁主導で都市ガス事業者と協力して熱感知式の壁設置で火災検知で問題がないことを実証、住宅用火災・ガス警報器の技術基準を制定
2000 H12年	都市ガス用警報器のアセスメントガイドラインを策定
2002 H14年	LPガス用警報器のアセスメントガイドラインを策定
2003 H15年	ユニバーサル仕様の取り組み、聞き取りやすい警報音や警報ランプ表示の規格を制定 警報器の省電力化
2006 H18年	業務用換気（CO）警報器を開発 発報履歴記憶等の機能を付加 複合型警報器の統一仕様ガイドラインを策定
2008 H20年	故障時の自己診断機能、スイッチによる点検方法の基準を制定 KHKとCOの拡散実験実施 有効期限切れお知らせ機能
2009 H21年	電池駆動式ガス警報器の研究を開始

7 技術用語の解説

1 爆発下限界と濃度の単位について

一定量の可燃性ガスと酸素、着火源がそろうと爆発が起こる。酸素の供給源は周囲にある大気（一般に２１％の酸素を含んでいる）である。また、着火源はライターやタバコなど直接的な“火”、電気的スパークなどのような“火花”などがある。

周りが空気で着火源がある状態において、可燃性ガスが爆発を起こす濃度には範囲がある。その濃度の範囲を“燃焼範囲”と言う。（燃焼範囲はガスの種類により異なる表 7.1-1 参照。）この燃焼範囲の最低濃度を爆発下限界（Lower Explosive Limit = LEL）濃度、最高濃度を爆発上限界（Upper Explosive Limit = UEL）濃度と呼ぶ。

ガス警報器では、爆発を未然に防ぐ観点から 1/4 ＬＥＬ以下で警報することが求められている。具体例としては、天然ガスの主成分であるメタンのＬＥＬ濃度は５％、その４分の１（1.25％）なので、要求仕様は「メタン：1.25％以下で警報すること」になる。

ガス警報器の検定規程（LP ガス用）や検査規程（都市ガス用）には検査に使用するガスの種類と濃度を具体的に記載してある。おもに“%”を使用しているが、これは体積換算で 100 分の 1 の単位（vol％）で表したガス濃度であり、また、“ppm”は、体積換算で 100 万分の 1 の単位で表したガス濃度である。（※ 1% = 10000ppm）

表 7.1-1

可燃性ガス	分子式	爆発下限界（vol%）
メタン	CH_4	5.0
プロパン	C_3H_8	2.2
イソブタン	$i\text{-}C_4H_{10}$	1.8
水素	H_2	4.0

2 12A・13Aについて

「１２A・１３A」は共にメタン（天然ガス）を主成分とした都市ガスの名称あり、熱量や燃焼速度を表す記号で表されている。

〈１㎥あたりの発熱量〉

・１２：41.9MJ（10Mcal）

・１３：46.0MJ（11Mcal）～43.1MJ（10.3Mcal）

〈燃焼速度〉

・A：遅い

・B：中間

・C：速い

3 COHbについて

CO（一酸化炭素）ガスは、呼吸により人体に取り込まれると赤血球と結びつきCOHb（一酸化炭素ヘモグロビン）となる。通常、ヘモグロビンは酸素と結びつき体内に酸素を供給する働きをするため、酸素と比べ約250倍の結合力のあるCOが結びつくと供給される酸素の量が減少する。その為、COガスの量が多くなると健康に影響を与える。脳が酸素不足になると頭痛や吐き気・意識障害が起き、最終的に死に至ることがある。このCO中毒事故を未然に防ぐためにCO警報器が開発された。

警報濃度の設定方法としては、血液中のCOHb濃度で閾値を決めている。血液中のCOHb濃度はCOガスセンサによる連続的にCOガス濃度を測定して、呼吸による体内への取り込み・排出を計算しCOHb濃度に換算する。（JIA検査規程の閾値：COHb25％以下）

式：UL 規格での COHb 算出方式

COHb濃度の算出式 UL2034

$$COHbt(\%) = COHb0(\theta - (1/2398B)) + 218(1-\theta-(t/2398B))(0.0003+(CO/1316))$$

COHbt：t分後の血中のCOHb濃度（%）

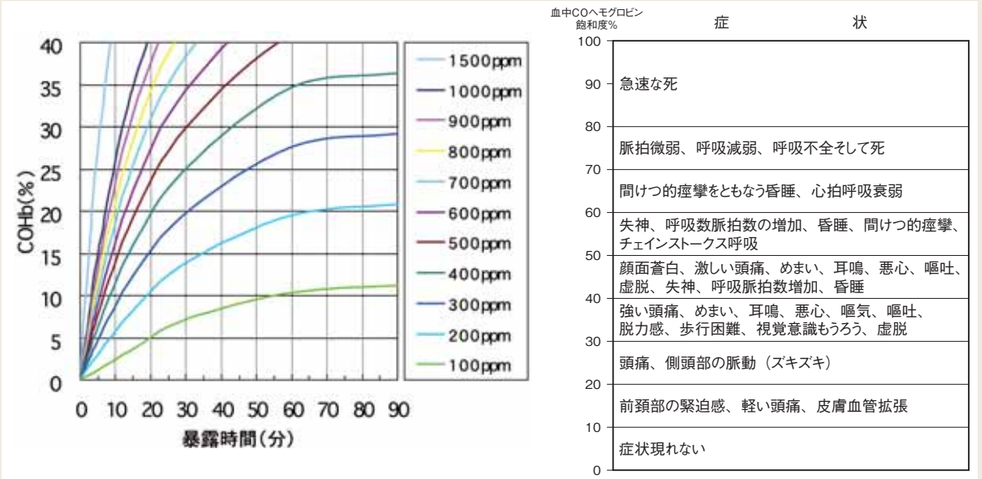
COHb0：0分後の血中のCOHb濃度（%）

t：経過時間（min）

B：0.4040（重労働時の係数）

CO：一酸化炭素濃度（ppm）

図：CO 濃度と症状

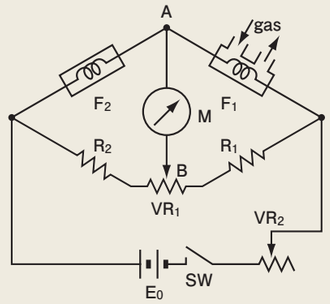


4 ブリッジ回路（接触燃焼式）について

酸化反応に触媒活性をもつ物質で白金線コイルを被覆したものに可燃性ガスを含む空気を接触させると、触媒上で可燃性ガスの酸素が反応（接触燃焼反応）し、反応熱（接触熱）が発生する。これによって適当な温度に加熱保持されていた白金線コイルの温度が上昇し、白金線の抵抗値が増大する。

空気中であれば、F_1とF_2の電気抵抗は等しいのでブリッジは平衡を保ち、A,B間の電位差を生じない。一方、可燃性ガスがあると、接触燃焼するためF_1の温度は上昇し、電気抵抗も大きくなるので、A,B点間に電位差を生ずる。この電位差がガス濃度に比例するため、ガス濃度に換算することが出来る。

図：ブリッジ回路



memo